Design et E-textiles : pour une conception d'interfaces de synthèses relationnelles

Azza Stambouli

▶ **To cite this version:**

Azza Stambouli. Design et E-textiles : pour une conception d'interfaces de synthèses relationnelles. Art et histoire de l'art. Université Polytechnique Hauts-de-France; Université de la Manouba (Tunisie), 2023. Français. ⟨NNT : 2023UPHF0016⟩. ⟨tel-05042565⟩

HAL Id: tel-05042565

https://theses.hal.science/tel-05042565v1

Submitted on 22 Apr 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

HAL Authorization

Thèse de doctorat

Pour obtenir le grade de Docteur de

L'UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE HAUTS-DE-FRANCE

et de l'INSA HAUTS-DE-France

Discipline, spécialité selon la liste des spécialités pour lesquelles l'École Doctorale est accréditée

Arts : esthétique, pratique et théories

Présentée et soutenue par Azza STAMBOULI

Le 26/05/2023, à Paris, France

École doctorale :
École Doctorale Polytechnique Hauts-de-France (ED PHF)

Unité de recherche :
Laboratoire LaRSH - Département DeScripto

Design et e-textiles

pour une conception d'interfaces de synthèses relationnelles

JURY

Président du jury
Fergombe, Amos. Professeur. Université Polytechnique Hauts-De-France.

Rapporteurs
- Jemmali Ammari, Sana. Professeure. Institut Supérieur des Beaux-Arts de Sousse.
- Bouzida, Fethi. Maître de conférences. Institut Supérieur des Arts et Métiers de Sfax.

Examinateurs
- Turki, Ramzi. Maître de conférences. Institut Supérieur des Arts et Métiers de Sfax.

Directeur de thèse
Chomarat-Ruiz, Catherine. Professeure. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

Co-encadrant :
Bihanic, David. Maître de conférences. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

Remerciements

Au début, je tiens à remercier vivement et chaleureusement ma directrice de thèse Madame Catherine CHOMARAT-RUIZ ainsi que mon co-encadrant Monsieur David BIHANIC. Tous deux n'ont cessé de me prodiguer leurs précieux suivis, conseils et aides pour que ce travail puisse aboutir. Leur engagement et la patience dont ils ont toujours fait preuve a donné la possibilité à cette thèse de voir le jour. Qu'il me soit permis ici de leur exprimer toute ma gratitude et toute mon estime.

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères à Mr. Abdelhakim ARTIBA, président de UPHF, Mr. Marc DUQUENNOY, directeur de l'École Doctorale PHF et aux membres du laboratoire LaRSH – Département DeScripto et en particulier à Monsieur Amos FERGOMBE et Madame Sophie BALLET qui se sont toujours montrés disponibles et à l'écoute tout au long de ces années. Merci beaucoup pour votre aide, support matériel et immatériel.

Un grand merci à ma sœur Rosa STAMBOULI, à Sarra HOUCH, à Hassen JAOUADI et à Mohamed BEN TABIB pour leurs encouragements et leur soutien. Je ne saurais vous exprimer combien votre présence m'a redonné foi et confiance en moi. Votre intérêt et votre accompagnement ont été d'une grande importance pour l'accomplissement de cette thèse. Un grand merci également à ma famille et à mes amis qui ont été là pour moi et m'ont soutenu tout au long de cette épreuve.

Enfin, je souhaite dédier ce travail à :

Ma chère mère
Mon aimable mari
Mon adorée fille Elyna, tu es en grande partie à l'origine de mon intérêt et de mon inspiration !
À la mémoire de mon père !

Votre amour et votre soutien ont été une source constante de motivation pour moi.

Résumé

Depuis quelques années, la fonction vestimentaire se voit largement augmentée et même se transformer littéralement par les technologies. Il n'est plus question d'apparat ou de simple textile qui couvre le corps pour le protéger ou le rendre socialement acceptable. Mais il s'agit d´une sorte d´objet de synthèse relationnelle puisque le vêtement devient le substrat par lequel on accède à des services nouveaux à partir desquelles on s'offre la possibilité d'entretenir diverses relations. Le vêtement électronique intelligent devient aujourd'hui un objet interactif qui s'ouvre davantage sur l´extérieur grâce à sa capacité à communiquer, à interagir, à dialoguer, à échanger avec son porteur, avec l'environnement matériel, et immatériel ainsi qu'avec les interfaces qui lui sont reliées. Il a une quantité de fonctions et de fonctionnalités complètement inédites qui l'amènent sur d´autres champs que ceux pourquoi il a été conçu au départ. C´est une sorte d'objet e-textile intelligent à utilité multiple et presque infinie. Une interface dans toutes les dimensions que peut prendre ce terme puisqu´on a modifié la manière de le qualifier. Voué d'intelligence, ce dernier a permis d'effectuer un changement proprioceptif puisqu'il a modifié nos comportements et qu'il nous fait sentir, ressentir, éprouver de nouvelles expériences et qualités sensorielles. Cette inflation des services, ce « prévalue fonctionnel nous fait vivre et être dans le monde différemment ». Toutes ces évolutions qui ont touché ce matériau textile ont fourni l'occasion à moult « créateurs » pluridisciplinaires de poser leurs touches sur la toile. Le coup de crayon ou de pinceau s'est métamorphosé en fil électrique et en agencement de composants électroniques. La toile vestimentaire intelligente, désormais, « œuvre d'art » s'offre à notre lecture et à notre étude. L'analyser, la décortiquer, étudier les débuts qui ont permis de la créer, ce sont ici quelques-unes des pistes que nous avons décidé d'arpenter dans cette thèse.

Mots-clés : design textile, conception et création, textile électronique, technologie, interaction, interface homme/machine, intelligence artificielle, synthèse relationnelle.

Abstract

For a few years, the function of clothing has been largely increased and even literally transformed by technologies. It is no longer a question of appearance and circumstance or of a simple textile that covers the body to protect it or make it socially acceptable. But it is a kind of object of relational synthesis since the garment becomes the substrate by which we access new services from which we offer ourselves the possibility to maintain various relations. The intelligent electronic garment becomes today an interactive object that opens itself more on the outside thanks to its capacity to communicate, to interact, to dialogue, to exchange with its wearer, with the material and immaterial environment as well as with other interfaces that are connected to it. It has a quantity of completely new functions and functionalities that take it to other fields than those for which it was originally created. It is a kind of intelligent e-textile object with multiple and almost infinite utility. An interface in all the dimensions that this term can take since we have changed the way of qualifying it. The latter has allowed us to make a proprioceptive change since it has modified our behaviors and makes us feel, sense and experiments new sensory qualities and experiences. This inflation of services, this "functional pre-value makes us live and be in the world differently". All these evolutions which touched this textile material provided the opportunity to many multidisciplinary "creators" to put their touches on the canvas. The stroke of a pencil or a brush has metamorphosed into an electric wire and an arrangement of electronic components. The intelligent clothing canvas, from now on, "work of art" offers itself to our reading and to our study. To analyze it, to examine it, to study the origins of its creation, these are some of the paths we have decided to explore in this thesis.

Keywords: textile design, conception and creation, e-textile, technology, interaction, human-machine interface, artificial intelligence, relational synthesis / relationship-driven.

Sommaire

Remerciements **2**
Résumé **3**
Abstract **4**
Sommaire **5**
Introduction **10**
PREMIÈRE PARTIE **24**
Histoire, Industrie et création textile **24**
Chapitre 1 : De la relation du textile à la technique et à l'avènement de la technologie **30**
1-1 L'exigence physiologique de la peau et le réflexe du "porter" : premières matières et origine des outils **32**
1-2 Le voyage du fil dans l'histoire : une mémoire des possibilités techniques du textile **42**
1-3 Évolution et amélioration artisanale et manuelle des techniques **55**
1-4 Progrès scientifique et technique du textile à l'ère de la machine **58**
Inter Conclusion **67**
Chapitre 2 : La création textile **69**
2-1 Le sens moderne de la création **70**
a. L'avènement du concept de la création **71**
b. La mode comme moteur de création **74**
2-2 Le corps moderne comme matériau de création **82**
2-3 Création, Textiles à usages " techniques et fonctionnelles " **94**
a. Les "cosméto-textiles" : La micro encapsulation **101**
b. Les " imper-respirants " **104**
c. Les "Anti-tout " et les " Auto-tout " **106**
Conclusion **112**

DEUXIEME PARTIE..... 116
Le textile à l'ère des technologies numériques..... 116

Chapitre 1 : Évolution des technologies numériques pour une éventuelle intégration dans le textile..... 117

1-1- La révolution technologique numérique : source de la notion d'interactivité... 120
a. Évolution historique du numérique : vers la programmation des machines..... 121
b. Évolution historique de l'électronique : vers les premiers ordinateurs..... 124
c. Miniaturisation de l'électronique : vers les micro-ordinateurs avec interface homme – machine..... 129
d. " Wearable electronics " : vers un Système embarqué..... 134
e. " Ubiquitous Computing ", " informatique ubiquitaire " : évolution de l'interaction homme-machine :..... 137
1-2 Technologie portable – " Wearable technology "..... 141
a. Évolution et contexte historique des " Wearables"..... 142
b. Création des objets numériques portables : première forme d'interaction homme-machine..... 143
c. Apparition du concept " wearable Computing " :..... 144
d. " Wearable Computing " communicant..... 147

Inter conclusion..... 155

Chapitre 2 : Processus, Méthode de création, de réalisation par le textile à l'ère numérique..... 156
2-1 Aperçu historique et évolution chronologique de l'intégration des technologies dans le textile : du matériau à la matière active..... 159
a. Vêtements lumineux : textile et lumière..... 161
b. Vêtements chauffants et qui contrôle la température : textile et conductivité..... 166

2-2- " Wearable éléctronics ", " Wearable Computing " et " Smart fabrics" : naissance des premiers textiles électroniques interactifs..... 170
a. Premiers e-textiles à usage professionnel : interface de détection et de surveillance : communication avec un système interne et externe..... 175
"Georgia Tech Wearable motherboard (GTWM)" ou " Smart Shirt "..... 175
b. Premiers e-textiles interactifs à usage public : interface de commande : communication avec un système interne..... 184

" Veste musicale" – " Musical Jacket Project", 1998 (interface de commande tactile).. 185
Veste " Industrial Clothing Division (ICD)" 2000 (interface de commande avec bouton) 189

2-3- Les défis techniques des systèmes embarqués intégrés dans les e-textiles interactifs..... 195
a. Système d'entrée 198
b. Programme (Software) : 199
c. Système d'analyse et de contrôle : (hardware)..... 200
d. Système de sortie..... 201
e. Les différents moyens de transmission / interconnexion 202
f. Source d'énergie 204

2-4- Méthode de fabrication des e-textiles : évolution des méthodes d'intégration des composantes électroniques et de la connectique dans le textile..... 206
a. Catégorie 1 : les composants attachés à la surface du textile 208
b. Catégorie 2 : les composants intégrés dans la structure textile (textronique / textronics)..... 210
c. Catégorie 3 : les composants intégrés dans le fil (Fibretroniques/ fibertronics)..... 211

Conclusion 217
TROISIEME PARTIE..... 220
E-textile " connecté " et interfaces de synthèses relationnelles 220

Chapitre 1 : Influence de "l'industrie 4.0" sur l'apparition des E-textiles connectés et des Smart textile..... 227

1-1- " Internet of Things " (IoT) et émergence d'une génération d'objets connectés intelligents 228

1-2- " Wearables " connectés intelligents non textiles et textiles : 232
a. Accessoires portables connectés intelligents..... 237
b. E-textiles et vêtements connectés intelligents..... 240
c. Étude comparative entre le marché des objets connectés portables et des textiles connectés 243

1-3- Catégories de connectivités applicables aux vêtements intelligents connectés .. 256
a. Vêtement intelligent connecté simple 257
b. Vêtements intelligents connectés reliés à Internet 262

c. Vêtement intelligents connectés reliés au Cloud 267

Inter Conclusion 275

Chapitre 2 : Interfaces de synthèses relationnelles 279

1-1- E-textiles connectés et Applications industrielles : projets finalisés et commercialisés 284

a. Santé, soin médical : "healthcare" 288

b. Sport, fitness et bien-être : " Sportwear " 303

c. Sécurité et protection professionnelles : " Workwear " 311

1-2- E-textiles connectés et Mode High Tech : " Fashion Tech " 321

a. Mode et prêt-à-porter " High Tech " de luxe 330

b. Mode du prêt-à-porter "High Tech" quotidien 339

c. Étude comparative : Interface de commande simple et interface de commande complexe 347

d. " Fashion Tech : gadget ou tendance de fond ? " 355

1-3- E-textiles et designers : terrains de projets exploratoires et prospectifs 360

a. Projet " MAASE " de Nancy et Lou-Anne Boehm : du " plaid relaxant " vers le " plaid thérapeutique " 362

b. Projet personnel " Sensorelyna " : couverture d'emmaillotage intelligente sensorielle et connectée 382

1-4- L'e-textile au-delà des disciplines : possibilité, collaboration et interaction 427

a. Multidisciplinarité et pluridisciplinarité 429

b. Interdisciplinarité 437

c. De la technologie au design ? Du design à la technologie ? De l'électronique au textile ? Du textile à l'électronique 447

Conclusion générale 457

Bibliographie 468

I- Ouvrages 468

II. Revues Spécialisées et Journaux Scientifiques 473

III. Colloques et Conférences 478

IV. Dictionnaires et Encyclopédies 481

V. Reportages et documentaires 482

VI. Thèses 482

a. Thèses de doctorat 482

b. Mémoires de Master 483

VII. Rapports en ligne 483

VIII. Webographie 484

Annexes 497

Liste des figures 546

Liste des schémas 549

Liste des tableaux 550

Introduction

« Design et e-textile : pour une conception d'interface de synthèse relationnelle ». A première vue, le titre de la présente thèse laisse perplexe. Comment parvenir à y réunir à la fois le « design » et le « e-textile » qui d'emblée avec cette préfixation du « e-» laisse entendre que cela fait plutôt référence à la technologie et plus précisément à Internet tout comme nous l'entendons toutes et tous dans le mot couramment utilisé « e-commerce ». Comment le tissu, cette simple étoffe qui nous couvre depuis des millénaires peut-il, de nos jours devenir objet de création, de modélisation et de design dédié à une utilisation numérique ou à visée électronique ? Titre problématique et d'autant plus énigmatique, puisqu'il fait de l'objet le plus usuel une surface (interface) se permettant de synthétiser, de condenser et de résumer un ensemble relationnel ! Encore plus, puisque nous pouvons entendre également qu'une sorte de dialogue, d'ordre, de transmission, seront possibles et qu'ils permettront de parvenir à un échange interactif aboutissant à un résultat escompté !
« Entre qui et qui ? »
« Entre quoi et qui ? »
« Entre quoi et quoi ? »

Un ensemble de questions qu'il est tout à fait logique de se poser lors de la découverte de la seconde partie de l'intitulé de notre thèse.

Or pour parvenir à clarifier cet ensemble de questionnement, il est bon de partir des prémices de cette rencontre, qui peut être tout à fait fortuite et due au hasard, entre l'homme et la peau qui lui servira de couverture. Ce besoin se crée en premier lieu d'un appel instinctif purement fonctionnel : celui de la préservation de sa propre existence, en un mot l'appel de la survie.

Entre l'homme et le "textile" va se créer un lien indélébile qui perdurera jusqu'à nos jours. Il portera les marques de l'évolution technique et technologique, car ce sont de leurs évolutions que se fera la mutation de la matière textile et de la relation qu'entretiendra l'homme avec ce qui va le couvrir tout au long de son existence jusqu'à sa mort.

Le début que nous allons évoquer ici, c'est notre surface commune à toutes et à tous. Celle qui se trouvera dans la contrainte d'être couverte.

Tout va commencer par notre surface, par notre épiderme.

La peau, cette membrane si fine et si riche, cette frontière qui accueille le monde nous entourant et nous en préserve. La peau, cette couche qui rejette et accepte, celle qui échange tant d'émotions à la faire frémir et à la faire s'exprimer à travers, dans et par le corps tout entier au point que la seule échappatoire pour l'extirper en soit l'expression orale. L'épiderme nous couvre, il nous couve puisqu'il permet à la totalité de notre corps de se transformer tout le long de notre existence. Sans cette membrane protectrice, nous ne serions que la proie de tous les dangers qui guettent la moindre blessure pour venir s'immiscer en nous. La peau et sa pilosité sont également notre tout premier moyen d'échange et d'expression. Le nouveau-né ressent, touche et sent la peau de sa mère et vice-versa. Cet échange réconfortant pour l'un et pour l'autre est la première expression de la reconnaissance de la vie à l'extérieur de l'utérus maternel.

Or, cette conversation sensuelle, ce transfert, cette permutation possible entre le monde, l'autre et la personne concernée, si elle est possible, elle ne l'est qu'à travers et à partir de la présence de la peau contenant tout l'attirail de récepteurs captant et transmettant moult informations retranscrites en signaux nerveux et analysés par la suite. La peau est en quelques sortes une zone recevant une information, la contenant et la mémorisant pour permettre son analyse, l'envoyer vers une seconde zone pour permettre sa reconversion en un ressenti comme par exemple la chaleur, le froid ou tout aussi celui du réconfort ou du dégoût.

L'e-textile va mimer à partir des différents récepteurs et émetteurs le fonctionnement de la peau. Il va, en insérant différents systèmes d'analyses sous forme de micro-processeur imiter le rôle du système nerveux. Il mémorisera, examinera et fournira des interactions souhaitées tout comme l'aurait fait notre peau. Qu'est-ce que la sudation si ce n'est une réaction à une hausse de la chaleur corporelle.

Le "e-textile" sera à l'image d'une peau artificielle couvrant une peau organique.

Il n'en reste pas moins que celle-ci est autant une zone de transfert, une frontière poreuse, or, aussi puissante puisse-t-elle paraître, elle n'en reste pas moins aussi fragile. La moindre égratignure et c'est l'infection. La moindre piqure et c'est la réaction immunitaire qui entre

en jeu avec son lot de répercussions allant de l'irrésistible besoin de se gratter jusqu'à la réaction allergique.

Ce qui semblait être une cuirasse n'en est pas moins mise à rude épreuve au quotidien par une multitude de failles dont nous devons la préserver. C'est effectivement, à partir de cette prise de conscience de la fragilité de notre membrane protectrice qu'entre en jeu l'idée de la prémunir de tous les dangers qui pourraient alterner son efficacité, la détériorer voire même la détruire.

Si l'Homme moderne que nous sommes a trouvé avec une efficience toujours plus performante les moyens efficaces de parvenir à prendre soin de sa peau, cela n'était pas le cas de notre ancêtre primitif. Bien qu'il ait eu la pilosité nécessaire pour pouvoir y parvenir, il est plus qu'évident que, l'évolution se faisant, celle-ci s'est perdue mettant à nue ce qu'elle préservait de plusieurs facteurs externes pouvant l'affaiblir ou la fragiliser. Or ce que nous avons perdu de notre part animale, nous l'avons gagné en ce qui nous a fait humain : la raison, en un mot la réflexion. Et tout naturellement, c'est cette part de réflexion, aussi infime soit-elle au début, qui va entrer en action afin de pallier à cette perte de perfectibilité.

Pour ce faire, la peau primaire sera couverte d'une peau secondaire fruit de la chasse et de la prédation. Une fois dépecé, la peau de l'animal sera portée pour couvrir les « limites » de la peau primaire.

Dès lors, c'est peau contre peau que l'Homme a fait son chemin à travers l'Histoire. Au fil des siècles et au fur et à mesure qu'il gagne en intelligence, en expérience et en maniabilité de ses membres, il perfectionne son rapport avec cette membrane secondaire qu'il actualise selon les saisons mais aussi selon ses besoins et ses désirs.

La peau ne sert plus qu'à tenir au chaud une peau frileuse. Elle ne sert plus également qu'à couvrir le corps pour le préserver des blessures ou des écorchures. Cette peau externe posée sur son corps va évoluer pour acquérir d'autres fonctions qui sont tout aussi importantes que celles citées précédemment.

Sauf que pour parvenir à un tel résultat, il fallait que l'outillage aille de pair avec le résultat escompté. Une coupe droite ne requiert-elle pas un objet tranchant ? La réponse la plus

logique ne peut être que l'affirmation. Et c'est dans ce sens que les galets[1] utilisés par les hommes primitifs ont démontré leurs aptitudes non seulement à transformer la matière brute mise à sa disposition mais également à servir de témoignage attestant qu'ils savaient pour qu'elles raisons ils le faisaient. En effet, cette preuve, et ce n'est en aucun cas l'unique, nous montre que l'outil est ici un indice que l'objet modifié reflète l'ascension de l'Homme à son statut d'être humain. Car force est de constater qu'au fur et à mesure que la prise de conscience des possibilités offertes par la nature sont infinies et plus leurs exploitations seront imprégnées par le degré d'intelligence auquel est parvenu l'homme. Il se peut que nous ne réalisions pas de nos jours l'importance de l'épingle ou de la broche utilisée soit pour décorer ou pour retenir deux bouts de tissus l'un à l'autre dans un but purement esthétique.

Pour l'homme primitif cette trouvaille incluait un raisonnement de cause à effet et déterminait sa relation avec cette brindille assez solide qui lui permit de forcer sur la peau pour la trouer et ensuite de plaquer une partie contre l'autre et ainsi de faire en sorte qu'elles se retrouvent pour en créer une forme circulaire capable de tenir sur les hanches, sur les épaules ou sur la taille.

Ce sont ces indices qui jalonnent l'Histoire qui nous permettent de voir comment l'intelligence est allée crescendo.

Avec le développement de cette disposition, il accroit sa capacité à chasser un plus grand nombre de gibier et par la même occasion il multiplie le nombre de peau mis à sa disposition. Cette multitude lui offre plus de choix d'un point de vue qualitatif et quantitatif. C'est bien du surplus de cette quantité de peau que l'apprentissage de son remodelage va commencer. Posée sur le corps au tout début, elle s'y retrouvera serrée ou nouée. En se sédentarisant, l'homme multiplie les perspectives d'avoir à portée de main une matière première animale et végétale provenant de l'élevage et de l'agriculture. Et c'est à force de découvrir son environnement et les ressources dont il recèle qu'il va se mettre à utiliser ces dernières à bon escient. La complexité des sociétés humaines allant grandissante, les codes sociaux, les codes moraux se créent et viennent organiser de plus en plus les tributs qui se créent et se développent. Les restrictions morales qui en découlent se reflètent sur un code vestimentaire

[1] Jean Garrigues et Marie-Hélène Baylac, *les objets racontent l'histoire* (Paris : Éditions du Club France Loisirs, 2001), 10.

de plus en plus régi par des normes imposées selon le sexe, le statut social et la fonction sociale, ...

La relation entre porteur et porté est peut-être née à partir de ce moment. Cet instant clé où l'homme a su à partir des moyens les plus simples de faire en sorte que ce qu'il porte soit le miroitement de ce qu'il compte en faire. Encore plus, il va le plier à ses convenances et surtout à l'utilité dont il compte en tirer profit.

C'est à partir de cet instant où le vêtement est devenu porteur d'une symbolique que son rôle s'est accentué. De simple peau retravaillée de la manière la plus rudimentaire, il acquiert le statut de porteur de messages à décoder. Mais en plus, il se fait adopter le rôle d'objet de lecture qui pourrait perdurer durant des siècles. Preuve de la prédominance du dialogue entre les tributs et les peuples, l'étoffe, le tissu, la peau de la bête portée par le plus valeureux des guerriers, tous sont des signes distinctifs que ce qui est porté sur soi n'est plus un objet sans vie servant à préserver notre intégrité physique et notre santé. Dorénavant, il assimile sa fonction primaire à sa fonction secondaire : il exprime et tout en retour se laisse lire par le regardant.

Encore plus, la coupe en elle-même permet à celui-ci d'accéder à une réflexion sur sa façon de concevoir ce qu'il va porter sur soi. Ceci pourrait en quelques sortes le faire accéder au rang de designer, de créateur, de concepteur. Aussi rudimentaire que puisse paraitre cette approche de la modification du matériau brut, elle ne peut en aucun cas être dissocier de l'idée qu'on se fait actuellement de l'ébauche d'un modèle. Le lien établi entre l'évolution de l'outillage et la modification de la « coupe » d'un tissu est un marqueur de la prise de conscience qu'un matériel peut être utilisé pour modifier les caractéristiques primaires d'un matériau textile. Les techniques s'affinant de plus en plus, ce qui se teinte, se brode, se coud, se tisse, se transforme pour devenir le lieu où peut s'écrire un épisode de l'histoire.

Au fur et à mesure que le tissu devient porteur d'une symbolique plurielle, il devient alors nécessaire que sa conception soit de plus en plus travaillée et de plus en plus soignée. D'où l'impératif d'accéder à un outillage plus précis et à une machinerie plus complexe. À partir de là se crée l'idée des prémices de la machinerie industrielle capable de modifier et de se substituer à l'homme et par la suite à se plier à une modélisation préconçue du produit textile fini.

Si l'on devait résumer ce qui a précédé, on se focaliserait sur le fait qu'un textile « *[d]epuis sa création, […] a toujours été considéré comme une matière usuelle. Son appréhension technique est liée à son poids, à sa superficie au mètre carré ou au mètre linéaire et à sa composition intrinsèque – sa substance. Ses applications courantes le transforment souvent en messager pour véhiculer également des données subjectives comme la valeur sociale* »[2]. Le textile est une matière qui a des caractéristiques techniques, esthétiques, fonctionnelles, ergonomiques, sociales, culturelles qui déterminent et définissent son application. Il a été toujours considéré comme porteur de sens, de signification et de message. Avec l'évolution des technologies, le textile a changé de vocation.

Le vêtement n'aurait pu s'adapter et évoluer aux besoins sociaux et fonctionnels sans une évolution technique, industrielle et technologique. Le tissu, son assemblage, son tissage même, les matériaux le composant, l'aiguille, la machinerie, l'électronique embarqué, la programmation de tout cet engrenage de savoir-faire pour aboutir à l'habit, nous montre la complexité de cette relation qu'entretient le vêtement avec l'univers de la technologie. Ces deux mondes évoluent de paires et en parallèles selon les besoins de l'un et des solutions fournies par l'autre.

Le tissu se donne à lire et laisse lire. Le textile servait d'interface avant même que l'interface ne soit électronique. Il s'agit d'examiner la possibilité pour le vêtement d'être pensé et conçu comme une interface.

Or si l'on devait se baser sur la définition la plus basique du mot « interface », ne serait-ce pas là un système de symboles permettant un échange et une interaction, une compréhension ?

Le tissu se drape et s'orne. Désormais, il reçoit tout autant qu'il renvoie. Il devient une interface lisible et porteuse d'un signe. L'interface relationnelle aussi basique nous parait-elle actuellement entre le porté et le portant, le tissu et le tisserand ou celui pour lequel est destiné l'habit porté est tout autant importante en son temps que le sont nos interfaces actuelles.

[2] Florence Bost et Guillermo Crosetto, *Textiles, innovation et matières actives* (Paris : Eyrolles, 2014), 55.

D'après le Nouveau Littré, ce mot a une entrée dans le dictionnaire mais celle-ci donne deux définitions se rapportant à deux spécialités distinctes : « *Interface : Chim. Surface de contact, pouvant permettre des échanges entre deux milieux distincts. Inform. Connexion entre deux éléments (matériels ou logiciels) permettant l'échange d'informations, grâce à l'adoption d'un langage informatique commun.* »[3]. Les deux définitions, selon la spécialité, ont plusieurs points en commun. Nous remarquons que « la surface de contact », « la connexion entre deux éléments » sont les prés requis primordiaux afin de parvenir au résultat escompté. Celui-ci présente également des similitudes entre les deux spécialités puisque la finalité qui synthétisera le « contact » ou « la connexion » sera « l'échange ». Reste tout de même un point de divergence qui est celui de la manière adoptée pour parvenir à établir ce « dialogue ». Dans la première nous n'y parvenons qu'à partir de la rencontre entre deux « milieux distincts ». Par contre la seconde nécessite un accord de principe sur le code langagier aboutissant à la compréhension, au déchiffrage et ainsi à l'échange informationnel entre les deux actants. Dans les deux cas de figure auxquels nous sommes confrontés, il est de mise de mettre en avant la condition sine qua non de l'impératif de la dualité. Sans cette rencontre de l'un des partis requis avec le second, c'est l'échec et le non aboutissement.

L'interface pourrait donc être résumée à un élément en rencontrant un second et se faisant, donne naissance à un résultat.

Or si l'on poussait encore plus notre raisonnement en allant vérifier l'étymologie du terme, nous nous retrouverons face à cette même approche. En effet, « interface » est formée des deux mots latins *inter* et *facies*. Le premier signifiant « entre » et le second ayant une double signification :

- Forme extérieure, aspect général.
- Figure ou physionomie.

Il est donc palpable que le mot « interface » a pour origine de sens « la façon dont se présente la relation entre différents éléments ». C'est donc à partir de ce point que le choix de mettre côte à côte, dans le titre de notre thèse, « interface » et « relationnelle » s'éclaircit de plus en plus. Il n'est nullement possible de voir ou de concevoir une interface sans réfléchir et sans

[3] Collectif, *Le Nouveau Littré : Le dictionnaire de référence de la langue française* (Paris : Édition Garnier, 2005), 896.

avoir en tête l'idée de l'interaction qu'elle permet et le vis-à-vis qui devra la manier. Quelle que soit sa nature matérielle, elle doit être conçue afin de donner sens à une interaction.

Ne pourrions-nous pas, à partir de cette constatation, dire que la symbolique du porté sur soi est une interface relationnelle entre le porteur et le regard de l'autre qui va l'analyser selon les codes culturels qu'il porte en lui mais aussi à travers ce que reflète le tissu à partir de sa couleur ou des symboles qui y sont tissés ? L'absence même de couleurs ou de symboles ne serait-elle pas elle-même une interface offrant à son porteur la possibilité de réfléchir à l'autre un souhait d'accéder à un état qui ne peut être atteint qu'à partir d'une blancheur qui immacule le tissu de la pureté virginale.

A l'image de *La peau de chagrin*[4], le tissu possède un pouvoir, il est possédé par le pouvoir que lui octroie le porteur et offre également au regardant le pouvoir de percevoir une part de l'être qui se drape du tissu. Il rétrécit les lectures qu'il offre au regard de l'autre qui se pose sur le porteur mais permet tout aussi au porteur d'offrir, de son point de vue, une multitude de lectures possibles.

Le tissu est ainsi orné d'une multitude d'interfaces bien avant qu'elle ne soit l'interface électronique sujet de notre recherche.

Il est à la fois une interface culturelle, morale et symbolique d'une prise de position quant à une cause (la guerre du Vietnam, le mouvement des black panthers, le mouvement punk ou hippies…)

Rappelons, que qualitativement et quantitativement, la culture qui rayonne à travers notre choix vestimentaire reflète un état d'âme et une façon d'être par rapport à la société. Ce sont des messages qui sont autant de connotation et de dénotation face au regard qui se pose sur le sujet porteur d'un ensemble vestimentaire. Ainsi sommes-nous autant de messages qui visent l'autre et qui sont à leur tour des manières de s'imposer en sujet actif par et à travers son regard. Le sujet porteur de la solution vestimentaire se retrouve dans l'ambivalence d'être passif face au regard lecteur et déchiffreur d'autrui et d'être actif à travers le libre choix du message qu'il transmet par le fait qu'il assume et fait corps avec sa façon de s'habiller et par

[4] Roman de Balzac.

là en adoptant la quantité et la qualité des messages qu'il transmet. L'autre, quand il nous voit, déchiffre ce que nous affichons être à travers notre style vestimentaire. Nous lui évoquons un message qu'il est entrain de décrypter. La quantité informationnelle que la solution e-textile a gagnée par le biais de l'ajout technologique s'est multipliée puisque non seulement le regard déchiffrera le style mais encore plus et en catimini, une multitude d'autres messages seront échangés entre utilisateurs de solutions vestimentaires connectées.

L'habit et le vêtement : Interface active et passive → s'offre à la lecture du regard d'autrui et est un objet actif puisqu'il est le choix de son porteur et par là-même, il devient porteur de sa personnalité.

Par opposition à ce qui précédait, l'interface électronique additionnée au tissu offre tout autant de possibilité qu'elle n'en retire. Les possibilités d'interagir avec le tissu et les fonctionnalités intelligentes s'enrichissant presque quotidiennement, donnent un accès quasi illimité à l'imaginaire des designers de concevoir des e-textiles interagissant avec leurs porteurs. Les services de ceux-ci seront autant plus performants que la technologie qui y sera embarquée. Ainsi « *[l]'apport de fonctionnalités techniques a ouvert une nouvelle perception du textile comme matériaux capable de performances. Il devient une matière en soi et s'amplifie avec l'apport des notions, d'une part de mouvement, d'autre part de service lié à l'immatérialit*é »[5].

Le chemin vers la miniaturisation et la quête d'une performance plus accrue des composants a eu pour résultat un accroissement des possibilités d'applications variées et multiples. De l'écran à tube cathodique, nous sommes passés en une cinquantaine d'années à l'écran plat flexible applicable au tissu. Dire à ce moment que nous pourrions peut-être atteindre les limites qu'offre le tissu en tant que matériaux d'applications de solutions technologiques, serait vraiment avoir une vision cloisonnée sur l'instant présent ou tout au plus sur la prochaine décennie.

Avant, l'habit se contentait d'être une enveloppe qui entretient une relation avec le corps de son porteur, un vecteur d'identification. Mais aujourd'hui, il s'agit d'une nouvelle peau, une seconde peau qui entre en fusion avec notre corps, avec l'environnement et avec les autres

[5] Bost et Crosetto, *Textiles, innovation et matières actives*, 55.

grâce aux circuits électroniques intégrés. Un aspect métamorphique, changeable, étonnant et même imprévisible dans la perception de l'élément vestimentaire intelligent. La synthèse relationnelle entre d'une part le tissu et l'humain et d'autre part la solution technologique appliquée au tissu devient un fait avéré au quotidien. Cette osmose entre les trois parties et l'interactivité qui s'en résulte touche plusieurs domaines. Ceux-ci seront étudiés au fur et à mesure que nous avancerons dans notre analyse.

Aujourd'hui, le vêtement n'a pas perdu ses fonctions premières mais s'est dotés de nouvelles fonctionnalités. Il est devenu une interface, une structure réseautique ou réticulaire. La technologie va être un supplément fonctionnel qui va décupler le champ des fonctionnalités et définir d'autres propriétés relationnelles.

Si nous évoquions précédemment l'interface dans son sens le plus basique, il est clair que nous sommes actuellement dans son sens le plus actuel et le plus empreint de l'attirail technologique permettant de telles prouesses. Le vêtement interface ou l'interface qu'est devenu le vêtement ne sont plus limités dans leurs utilisations ou dans les perspectives qu'elles pourraient atteindre. La vision même du vêtement s'en est retrouvée transformée puisque ses limites se sont étendues au point de ne plus en réaliser les frontières. Comment pouvons-nous dorénavant le qualifier, le concevoir voire même le penser ?

Puisque la première partie de notre thèse se penchera sur les origines et les évolutions du tissu et de la machinerie ayant abouti à ce qu'il s'affine et acquiert les propriétés que nous lui connaissons actuellement. Toute l'importance de celle-ci est de démêler le cheminement historique qui permit à aboutir au tissu tel que nous le concevons maintenant, de savoir comment s'est faite l'évolution du matériau primaire brute à celui qui demande un outillage complexe pour aboutir à un résultat qui mêle confort, robustesse et qualité d'usage.

La deuxième partie, se concentrera sur une analyse de la première machine visant à aider l'homme en lui facilitant l'accès à un résultat auquel il serait tout de même parvenu sans son entremise. Or, cette position médiane entre la réflexion humaine et le résultat demandé, représente les prémices de l'informatisation et de la quête continuelle vers la miniaturisation pour une plus grande proximité et une plus grande fiabilité. Nous avons donc, à partir de cette rencontre entre deux éléments (l'informatisation et la miniaturisation), la possibilité de parvenir à rendre itinérant ce qui était d'habitude ancré et confiné dans un bureau. Cette

claustration à laquelle était vouée la solution technologique s'est détruite au profit d'une nomadisation liée à la miniaturisation des composants, mais surtout que l'interface homme-machine fera une évolution pour intégrer d'autres supports autres que l'ordinateur. Ainsi celle-ci sera utilisée dans d'autres objets plus petits et aptes à être transportés selon les pérégrinations de l'utilisateur. A partir de cette idée se créera le concept de la portabilité puis par la suite viendra celle qui la supplantera. C'est celle de greffer l'objet technologique directement sur le tissu pour tirer un plus grand parti. Les ébauches sur des applications jumelant électroniques et vêtements prenant petit-à-petit formes, nous nous en sommes inspirées afin de les décortiquer et de voir comment les réflexions sur cet assemblage ont pu naître et comprendre comment elles ont pu être réalisées concrètement sur le matériau textile pour enfin en comprendre le but et l'utilité. Cette partie est également consacrée à la réflexion sur les possibilités techniques et technologiques ayant abouti à la miniaturisation de quelques éléments technologiques. Mais c'est surtout suite à cette miniaturisation que se fera l'idée de tirer profit de l'habit comme espace pouvant contenir et ainsi servir de surface médiane entre l'objet et le porteur du vêtement en question. La finalité de cette partie est de venir à cerner les processus et les méthodes de création et de réalisation par le textile à l'ère numérique.

Quant à la troisième et dernière partie de notre thèse, elle est à la fois descriptive et analytique.

Une première partie sera consacrée à l'étude de l'influence de "l'industrie 4.0" sur l'émergence d'une nouvelle génération d'objets connectés intelligents en général et d'accessoires portables connectés et intelligents en particulier. Cette deuxième catégorie engendrera l'apparition des e-textiles et vêtements connectés intelligents. Une étude de marché sera faite pour étudier et comparer leurs exponentiations. Par la suite un approfondissement sur les catégories de connectivités applicables aux vêtements intelligents connectés sera établi.

Une deuxième partie se focalisera sur l'étude des différentes applications e-textiles. Une analyse sur plusieurs projets à visée commercial appartenant à différents domaines d'applications : la santé "healthcare", le sport "sportweare" et la sécurité "workwear". Leurs examens va nous permettre d'avoir une idée sur le fonctionnement, les interactions, les

scénarios d'usages envisageables ainsi que l'approche commerciale adoptée par les entreprises et les startups spécialisées dans les e-textile intelligents par rapport aux projets conçus. Nous étudierons aussi des applications à l'e-textile de luxe ainsi qu'à celui du quotidien inscrit dans le domaine de la "Fashion Tech". Ceci nous permettra de montrer que la démocratisation de cette tendance n'est plus à vérifier mais qu'elle est bel et bien une réalité. Le domaine des e-textiles s'étend dans maints secteurs d'activités en proposant des services diversifiés. Il existe déjà plusieurs exemples d'applications textiles connectées disponibles sur le marché et commercialisées aujourd'hui.

La conception toutefois commerciale des designers en e-textile n'est pas uniquement à but lucratif. Leur approche est différente. Ceux-ci ont pour vocation de résoudre une problématique sociale et d'y puiser une solution adéquate. Sur ce point nous analyserons un projet phare mené par deux designers qui se sont installées en région Parisienne. Une interview viendra enrichir notre travail de recherche.

Cette partie analytique nous permettra d'interroger à chaque fois les pratiques et les projets de textiles intelligents à travers trois pôles ou polarités : l'homme en tant qu'individu, la société en tant que les autres individus en interaction entre eux et l'environnement en tant que contexte matériel. La relation entre l'individu, la société et l'environnement sera portée par et à travers le vêtement et ses nouvelles fonctionnalités.

Pour finir la dernière partie se focalisera encore plus sur la naissance et la maturation d'un projet personnel d'e-textile comme idée concept, puis comme ébauche et enfin comme réalité pouvant devenir un projet commercialisable à long terme.

Cette sous-partie nous permettra de voir comment se crée l'interaction entre designers, start-upeurs/ses et les différentes entreprises les incubant. Entre-autres questions que nous tenterons de clarifier est celle de cette coexistence entre les différentes parties et les influences qu'elles peuvent avoir les unes sur les autres. Se posera également la problématique de la possible cohabitation entre les multiples intervenants nécessaires à la création d'un projet e-textile. De là se clarifiera l'entremise de plusieurs expertises mises à disposition pour la réussite et la concrétisation dudit projet de textile intelligent. Suffit-il pour autant d'être designers ayant une connaissance touchant à plusieurs domaines pour parvenir à réussir ? L'idée de départ peut-elle être modifiée par l'intervention d'une tierce partie ? Cela

amenuisera-t-il son importance ou au contraire la rendra-t-il plus attractive et plus efficace ? Nous tenterons de répondre à toutes ces questions dans la partie concernée.

Mener et entreprendre un travail de recherche sur la double relation mêlant textile et technologie de pointe a été envisagé suite à l'accentuation du recours aux solutions y puisant toutes leurs innovations. Suivre pas à pas les mouvements de l'évolution nous ayant amené à parvenir à mettre sur pied une telle technologie, en rendre compte et démontrer l'inventivité de chacun y ayant participé est en quelques sortes une parmi les raisons qui nous ont encouragé à entreprendre cette thèse. Nous vivons aujourd'hui dans une ère technologique qui va pouvoir donner un nouvel élan à la démarche créative et conceptuelle du secteur textile et vestimentaire. Selon le designer Hussein Chalayan : « *La seule nouveauté que vous pouvez réaliser dans la mode, c'est avec la technologie* »[6]. Aujourd'hui, la création est principalement appuyée par l'innovation technique et technologique. Le groupe de travail transversal « technologie et Soft power » atteste à ce propos que : « *La création et l'innovation sont deux facteurs essentiels de compétitivité, qui, lorsqu'ils sont conjugués, agissent d'autant plus puissamment. C'est donc en optimisant la fusion de la création et de l'innovation que la mode française affirmera sa suprématie pour tous les niveaux de gamme* »[7]. Or, et à partir de cette donnée, nous devons parvenir à poser certaines hypothèses qui trouveront leurs fondements ou non dans notre travail.

La question de la relation, de la qualité relationnelle par le principe que le vêtement est un objet relationnel. Quelle est, aujourd'hui, la qualité de cette relation par le fait que la technologie vient imprégner et intégrer ces vêtements ? Quel type de relation nouvelle ? Quel type de relation à l'autre s'installe dans le vêtement ? Qu'est-ce que cela engage comme type de relation : Social, individuel, collectif, pluri individuel ?

Dans quelle mesure cette fusion, cette évolution, cette discrétisation progressive de la technologie dans les substrats vestimentaires ouvrent-elles un cadre fonctionnel nouveau ? Le vêtement se voit-il ajouter des fonctionnalités qui sont légitimes et qui participent

[6] Matthew Drinkwater, "Comment une robe en LED obtient 2 millions de mentions sur les réseaux sociaux", *Petit Web*, 4 Novembre 2015, https://www.petitweb.fr/actualites/comment-une-robe-en-led-obtient-2-millions-de-mentions-sur-les-reseaux-sociaux/, Consulté le 15 Février 2018.

[7] Groupe de travail transversal « Technologie et Soft Power », *Technologie et Soft Power : le cas de l'industrie de la mode et du luxe,* Paris : Rapport de l'académie des Technologies, Mai 2018, 81, accessible sur le lien : https://www.academie-technologies.fr/publications/technologie-et-soft-power-le-cas-de-lindustrie-de-la-mode-et-du-luxe/, consulté le 20 Décembre 2019.

véritablement au mode relationnel de l'individu ? En quoi la technologie peut permettre à travers son installation dans le vêtement (ajout de fonctionnalités) de renforcer le lien interpersonnel, à renforcer le rapport communautaire, à créer le lien entre les individus ? Serait-ce le cas ou aboutirons-nous à un effet contraire ?

En quoi le vêtement intelligent est-il une interface pour accéder à des services et fonctionnalités nouvelles ? En quoi est-il porteur de potentialité ? Finalement, le substrat vestimentaire est-il le bon support pour le développement de ces fonctionnalités ?

Comment cette inflation fonctionnelle, cette espèce de grossissement fonctionnel, cette multiplication des fonctionnalités nous amène à considérer le vêtement non pas comme une sorte de passerelle sociale entre les individus mais peut être comme une sorte de substrat quasi indispensable à la relation aux autres et à l'environnement ?

En quoi cette plus -value fonctionnelle nous fait vivre et être dans le monde différemment ? Qu'est-ce que ceci nous offre comme expériences nouvelles ? Quels impacts ceci peut engendrer sur nos relations ?

Comment le design se repense à l'aune de sa création, de sa manière de concevoir, de penser l'environnement ? Comment le design modifie sa pratique, ses méthodes ? La manière d'appliquer ou de s'adresser aux usagers par rapport à la société ? Qu'est-ce que cela modifie dans la manière de designer ou de concevoir les vêtements de nos jours ? A travers ça qu'est-ce que ça dit de la manière dont le design interroge notre manière de vivre ?

Le design peut-il synthétiser l'ensemble de ces questionnements et y trouver ou leurs fournir des réponses probantes et usuels ? En tant que discipline, est-il en mesure de gérer la responsabilité de se voir embarquer dans une aventure où les répercussions sont encore inconnues ?

Ces questions, tout aussi problématiques qu'elles paraissent, trouveront leurs échos au fur et à mesure de la progression de notre travail.

Ce sont les pierres qui, une fois jetées sur la surface, feront échos et nous permettront de bâtir petit à petit l'édifice de notre raisonnement.

PREMIÈRE PARTIE

Histoire, Industrie et création textile

Dans l'histoire, on s'est d'abord couvert par le textile, couvert les habitats, habiter sous le textile. Le textile a de multiples langages. Son histoire se lit dans des applications variées. Les recherches approuvent la proximité du textile et de l'habillement mais cela ne nie pas son utilisation dans différents champs généralement liés à la maison de tous les temps. La question cruciale de notre recherche aborde l'évolution de la nature du rapport particulier, de la relation intime entre le textile et l'usager. Un rapport relationnel, interfacique, problématique partagé entre besoins, sécurité, identité, apparat et accomplissement personnel. L'homme dans son rapport au textile était d'abord lié à une question d'existence et de survie. Or ce rapport évolue à travers l'espace et le temps en fonction de plusieurs facteurs pratiques, techniques, économiques, esthétiques, sémantiques, sociologiques, culturels et écologiques. On perçoit alors une sorte d'accoutumance de la relation de l'homme au textile en général et au vêtement en particulier.

L'homme nait nu, certes, mais il a besoin de couvrir son corps – certaines parties de son corps pour différentes raisons. Comme l'indique *la pyramide des besoins de Maslow*[8], les nécessités de l'être humain sont classées par ordre d'utilité selon le sens de satisfaction des besoins. Nous allons essayer d'appliquer l'évolution des besoins de l'homme en général en effectuant un parallèle avec l'évolution de ses besoins par rapport au vêtement.

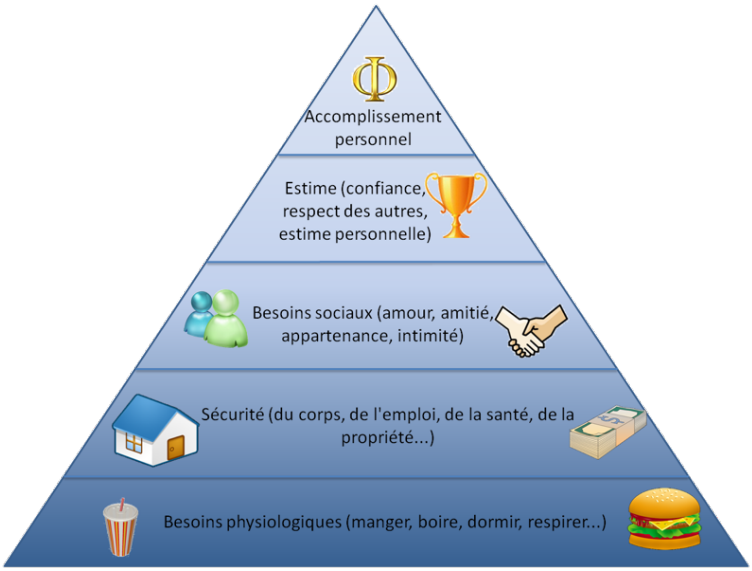


Figure 1. La Pyramide de Maslow (Abraham Maslow, 1954)

[8] Bridgman, Todd, Stephen Cummings, et John Ballard. "Who Built Maslow's Pyramid? A History of the Creation of Management Studies' Most Famous Symbol and Its Implications for Management Education." Academy of Management Learning & Education 18, no. 1 (mars 2019): 81–98. https://doi.org/10.5465/amle.2017.0351.

Le souhait de satisfaire ses besoins physiologiques est inné chez l'homme depuis son existence, ce qui l'amène à vouloir toujours faire évoluer le rapport du corps au tissu - à l'habit. Ceci dépend des conditions spatio-temporelles et socio-culturelles de l'individu en question. Eberle et Hermeling exprime à ce propos que : « *La physiologie du vêtement est l'étude de l'interaction entre le corps humain et les vêtements dans divers milieux. Ces interactions influencent le confort de l'individu dans une situation donnée. Les besoins physiques d'un individu peuvent varier énormément selon les milieux auxquels il est exposé* »[9]. Depuis son apparition sur terre, lorsqu'il s'est trouvé face à la férocité de la nature un souci primordial a submergé : vouloir survivre et satisfaire à ses besoins corporels. Se protéger contre les agressions de la nature, les éraflures et tous les dangers qui le guettent était une nécessité préliminaire. En conséquence les hommes primitifs ont utilisé des plantes (herbes, tiges) et des peaux d'animaux (bandes de cuir) pour se vêtir – réaliser des caches-corps. Ils ont développé différentes sortes d'outils élémentaires/ primaires et ancestraux qui les ont aidés à manipuler les matières premières. Les techniques primitives et intuitives expérimentées pendant ce temps démontrent et dévoilent le rapport intime de l'homme à ses matériaux puisque leur utilisation, et par la même occasion leur utilité, est tributaire d'un besoin vital. Le rapport dialectique entre l'objet et sa fonction prend naissance de la dualité « Besoin(s)/Fonction(s) ».

Au fils du temps, l'homme a évolué en apprenant à se servir des ressources naturelles de son milieu – a développé certaines manières et techniques pour travailler ses étoffes. Il a su obtenir le fil en tordant les fibres des plantes et les poils d'animaux manuellement au début, ensuite grâce à des outils simples qu'il a développés selon ses besoins d'ordre fonctionnel, esthétique et social. Des fibres naturelles d'origine végétale et animale issues de l'élevage et de l'agriculture étaient la matière première des tissus – matériau multifonctionnel depuis toujours (Le cuir a été utilisé pour l'habillage mais également comme surface à écrire.). L'homme a développé certains procédés et techniques pour travailler le fil tout en ciblant le résultat qu'il voulait obtenir et la façon dont il voulait en tirer bénéfice, le modeler et l'utiliser conséquemment. Il a ainsi œuvré au tissage pour aboutir à l'étoffe - matière première pour la confection des vêtements[10] et d'autres objets utilitaires à base de textile liés à l'habitat. A travers les siècles, l'homme souhaitant encore améliorer sa condition de vie, développe les

[9] Hannelore Eberle, Hermann Hermeling et al, *Technologie du vêtement* (Guérin, Montréal, 1999), 128.
[10] Vêtement : N.m (lat. Vestimentum).
1-Tout ce qui sert à couvrir le corps humain pour le protéger, le parer. Range tes vêtements (synonyme d'habits).
2- Pièce de l'habillement : le veston est un vêtement d'homme, *Dictionnaire encyclopédique Larousse*, 1416.

manières de faire pour aboutir à d'autres usages du textile. C'est cette permanente recherche de l'innovation et de l'inédit dans l'usage et dans l'effet qui rend l'homme en quête perpétuelle de nouvelles créations. Petit à petit l'homme commence à penser dans la société et à essayer de développer des vecteurs d'identification socioculturelle : signes, codes et symboles qui différencient les tribus, les régions et les croyances religieuses... Il invente ainsi la teinture à partir des couleurs naturelles issues des ressources de son milieu. Il commence à réfléchir à un système de classement des personnes en personnalisant leurs costumes. Une notion mutante et changeante selon l'évolution des époques, des lieux et des civilisations. Cette association du textile à la vie courante et au quotidien fait appel à la création de nouvelles possibilités techniques – élément décisif pour comprendre les usages ou les utilités possibles de ce substrat. Travailler le textile de certaines manières afin de garder les qualités intrinsèques de sa fibre initiale : légèreté, durabilité, performance, protection. Sans oublier que le textile est largement intervenu dans la décoration et le confort de la maison d'une part et dans l'évolution de la relation intime du corps et de l'habit suivant le cadre spatio-temporel d'autre part. Il y a eu une grande évolution des techniques et des outillages, de la relation de l'artisan à son métier et à l'apport qu'il pouvait ajouter à la matière. Jusqu'à l'ère de la machinerie et des processus industriels, l'artisan assure une relation intime avec son outil et envisage les choix esthétiques puisqu'il joue à la fois le rôle du créateur et du réalisateur de son œuvre.

À la suite de la révolution industrielle, la possibilité de reproduire en masse un objet unique et de le redistribuer vers les marchés émerge. Le design ou la création textile – notion qui n'est pas récente- s'est construit par ce biais là un régime novice de la création du vêtement mais en même temps ça a instauré des relations particulières de l'ouvrier à la machine et de l'utilisateur à la nouvelle forme de production textile. Cette dynamique de production a engendré de nouveaux comportements sociaux, économiques, culturels et politiques via la création. Les usages des textiles et les modes de production se sont largement diversifiés sous l'effet de la post révolution industrielle. Progressivement, les propriétés plastiques du textile se sont révélées et ont permis des usages et des productions autres. La création textile a permis de produire du textile pour faire autre chose que s'habiller. Une sorte de développement un peu fractal des usages du textile au point que finalement la spécialité du design s'est portée bien au-delà du cadre vestimentaire. Un intérêt pour le textile comme matériau d'usage pluriel. Les hommes ont progressivement amélioré les textiles et les vêtements de point de vue esthétique et fonctionnel parce que leurs besoins ont évolué et,

avec eux, leur façon de vivre. Mais cela ne nie pas que le vêtement est l'un des éléments initiateurs et incitateurs, probablement l'objet un peu prophétique du textile ce qui explique le grand intérêt des stylistes, créateurs, couturiers et designers de mode pour cette spécialité prometteuse. Le changement dans la relation au vêtement à l'époque du système de la mode est introduit par des chamboulements, une espèce d'évolution successive de la technique et des usages du vêtement.

Les propriétés du textile évoluent suite à l'invention de nouvelles fibres qui ont de nouveaux usages inédits et parfois des fonctionnalités antérieures mais avec une vision qui suit l'ère du temps. La fonctionnalité – le souci fonctionnel est récemment porté par de nouvelles propriétés /axes / déclinaisons d'ordre hygiénique (respiration/transpiration), de performance (souplesse) ou de sécurité (adaptables aux aspérités extérieurs) permettent de travailler des textiles actifs à fonctions techniques afin de faciliter la vie de l'utilisateur tout en satisfaisant ses attentes permettant ainsi une vie plus commode. Par exemple, avoir un tissu moins salissant ou anti salissure, de plus obstruant par rapport à l'aspérité problématique extérieure. Parfois gagner en performance de mobilité ou en légèreté. Tout ça nous mène à comprendre la volonté, la motivation recherchée dans la relation de l'homme au substrat textile puisqu'il y a eu des passages successifs des intérêts portés sur le textile. C'est ce qui nous amène à remarquer que l'évolution des besoins de l'homme, sa façon de vivre, ses aspirations pour un monde meilleur sont le moteur qui fait évoluer la créativité. Le but principal de l'homme devient l'amélioration de la performance du textile et son rapport donc à sa qualité de vie. Par conséquent, chaque individu cherche toujours plus de confort et de bien-être dans l'usage et dans l'effet. Aujourd'hui on est porté par des soucis, des intérêts qui sont parfois nouveaux et parfois anciens mais étudiés avec une nouvelle approche. Ceci dit, les besoins sont variables d'une personne à une autre et suivent toujours l'évolution temporelle et spatiale. Par exemple les nécessités de l'homme primitif sont devenues des faits primordiaux à notre époque, tandis que d'autres exigences ont surgi et sont nées à travers les attentes et les désirs de l'homme moderne. Nous pouvons remarquer qu'il y a un fil conducteur très fin qui unit besoin et désir car les exigences de quelques-uns peuvent être les désirs des autres et non le contraire. Ils sont aujourd'hui inédits par rapport à leur époque mais demain ils deviendront des faits primordiaux automatiquement. Cette ambition se manifeste à travers sa volonté à acquérir une vie meilleure en étant toujours créatif et innovant. Celle-ci, innée chez l'homme depuis la nuit des temps, l'incite à la création de nouvelles productions qui lui facilitent la vie et lui ouvrent de nouvelles perspectives dans l'usage et dans l'effet. Il est nécessaire alors d'avoir

un retour historique dans notre recherche pour qu'on puisse comprendre comment les évolutions, les possibilités techniques ont été conditionnées par le développement d'outillage et d'ustensiles au regard de la plasticité du textile. Comprendre que la part de l'outillage technique a été un élément décisif pour saisir les possibilités et les usages ainsi que les possibles utilités du textile à travers le temps. Déchiffrer l'évolution de la relation de l'homme par rapport à ces matériaux et surtout à ces outils qui n'ont pas eu de cesse d'évoluer suivant l'évolution technique, sociale, culturelle, économique et politique. Le but de cette démarche serait donc d'envisager deux chapitres.

Le premier chapitre aborde la relation primordiale du textile à la technique et son impact vis-à-vis de l'individu dans son rapport à son environnement. Cette partie consiste à retracer l'histoire de l'évolution des possibilités techniques de l'usage du fils à travers le temps afin de mieux comprendre le rapport fonctionnel de l'homme à son dispositif. Étudier la manière de concevoir, de pratiquer et de fabriquer le textile avant et après l'ère industrielle afin d'envisager le lien qu'entretient le textile – la matière (fibre, fil, étoffe) avec les techniques, leur impact sur le mode de production du textile. Le textile et ses composantes devraient évoluer dans le même environnement que deux autres éléments : d'un côté la technique et de l'autre l'homme et ses aspirations. Ces démarches sont inscrites dans un cadre directement lié à l'homme dans sa mutation d'où la relation qu'établit le substrat textile avec son usager de tous les temps.

Après avoir retracé l'histoire, le deuxième chapitre de cette partie étudie le rapport du textile au processus créatif à la suite de l'évolution de l'utilisation du matériau textile et de ses activités à travers le temps, en s'attardant sur le vestimentaire ou le textile devenu habit. Les champs d'application du textile et ses interprétations exposent l'histoire de la relation à la création et aux rapports corps – vêtement. Envisager le rapport qu'entretient le textile avec l'homme – le corps – les civilisations à l'époque post révolution industrielle afin de montrer l'interdépendance existant entre eux qui semblerait former le design textile ou la création textile, laquelle doit sa constante évolution à plusieurs facteurs esthétiques, culturels, socio-économiques et politiques.

Notre questionnement tourne autour de trois pôles :

- Le textile (matériaux, fonctions et fonctionnalités, aspect, usage, relation)
- La technique (la manière de concevoir, de pratiquer, de fabriquer)
- L'homme / le corps (humain, artistique, mode, symbolique)

Qu'est-ce qu'un textile ? Quelles fonctions lui sont attribuées à travers le temps ? A-t-il toujours joué seulement un rôle vestimentaire ou avait-il d'autres ? Existe-t-il une corrélation entre le textile et le corps/ l'homme ? Quelle relation entretient le textile par rapport à la technique ? Quels sont les impacts de l'évolution des techniques sur le mode de production ?
Si le textile a été jusqu'à présent directement lié à la technique, ne faut-il pas considérer en premier lieu ce que représente son évolution à travers l'espace et le temps ? Quel est le rapport du textile à l'acte de la création et quels sont les facteurs qui la régissent ? quel est le rôle du corps dans la création textile ? Quel est la relation entre le textile et le système de la mode ?

Pour résumer, la première partie se présente comme suit :

1- En premier lieu, un premier chapitre qui expose l'historique afin de présenter et analyser les différentes techniques et leur évolution dans l'histoire à travers une analyse du rapport qu'entretient la matière à la technique et leur impact sur le mode de production du substrat textile.

2- Dans une seconde étape, mettre en exergue l'interdépendance entre textile et création. Elle consiste à une analyse générale du processus créatif dans le système de la mode, son objectif et la manière de concevoir, de pratiquer, de fabriquer le produit textile.

Chapitre 1 : De la relation du textile à la technique et à l'avènement de la technologie

Le présent chapitre a pour but d'aborder un bref historique à l'égard de ce qui est nécessaire de savoir sur les textiles. Il met en avant certains liens avec les innovations techniques et les développements sociaux, aborde les différents procédés de création des textiles depuis la préhistoire jusqu'à après l'ère industrielle. Il s'agit de montrer également l'évolution de la transformation des fibres en tissus grâce aux différentes techniques de fabrication telles que (le filage, le tressage, le tissage, le tricot…) et d'autres procédés antérieurs.

Pour expliquer le caractère novateur de mon sujet il fallait remanier (interroger) l'histoire pour comprendre d'une part, l'évolution de la relation du textile à la technique par rapport à son cadre spatio-temporel et d'autre part pour définir et comprendre la relation qu'entretient l'homme à la matière textile par rapport à l'évolution de ses besoins, de ses fonctionnalités et de ses aspects socioculturels et économiques. Pour montrer la grande diversification des matériaux à travers le temps, des procédés utilisés pour la fabrication des textiles et la relation entre eux, il est nécessaire de remonter au temps du développement et de l'utilisation des textiles. On va essayer tout au long de ce chapitre d'interroger les évènements phares dans l'histoire du textile. Les matériaux, les procédés, les techniques, les méthodes, les outils, les mécanismes et les systèmes utilisés à chaque époque pour essayer de répondre à nos questionnements.

Il est utile dans ce premier chapitre d'avoir une certaine connaissance de l'histoire du développement et de l'utilisation des textiles, pour comprendre l'évolution dans l'espace et dans le temps de :

- la relation entre les diverses fibres (matières premières), les techniques utilisées (l'outillage technique, les mécanismes et la logique d'apparition technique), le concepteur – réalisateur de tous les temps d'une part

- la relation de l'homme au substrat textile (les usages et les utilités possible) dépendamment des propriétés fonctionnelles et plastiques du substrat textile d'autres part.

L'objet du premier chapitre s'inscrit du côté de l'analyse historico-descriptive plutôt que du côté de l'envergure problématique. Ceci dit, l'objet du chapitre premier se met méthodologiquement et d'emblée, sur la ligne du développement problématique général du sujet.

Comment les évolutions, les possibilités techniques ont été conditionné par le développement d'outillages et d'ustensiles au regard des possibilités et de la plasticité textile ?

Quelle est l'influence de cet habit/ habitacle sur le comportement culturel de l'être (devenir la pensée de l'être) : dualité sécurité / insécurité ?

1-1 L'exigence physiologique de la peau et le réflexe du "porter" : premières matières et origine des outils

Il y a toujours eu une relation entre l'homme et le textile. Cette relation a évolué au rythme de la condition spatio-temporelle et elle a donné lieu à des médiations techniques et à des relations plus complexes à travers le temps.

Pour aborder un sujet en design textile intitulé Design et E-textiles pour une conception d'interfaces de synthèses relationnelles, on considère qu'il est nécessaire d'avoir un retour historique pour pouvoir comprendre dans le fil de l'histoire et comment les évolutions et les possibilités techniques ont été conditionnées par des développements d'outillages, d'ustensiles qui ont été mis en place au regard des possibilités, de la plasticité textile. Avant de parler du textile au vrai sens du terme, on doit remonter le temps et voir l'origine de la matière et son évolution dans le monde. L'outillage technique a été un élément décisif pour comprendre les possibilités, les usages, les utilités possibles du textile. Cette partie est importante du fait que les mécanismes d'inventions ancestraux autour du matériau textile permettent de décrypter et de comprendre comment et pourquoi nous sommes parvenus aux mécanismes d'aujourd'hui.

Avant même que l'homme pense à répondre aux nécessités exigées par le processus de l'évolution naturelle et des lois de l'adaptation qui vont l'amener à se parer des peaux d'animaux jusqu'à la création textile, il a essayé de se débrouiller avec les éléments / matériaux trouvés à sa portée pour pouvoir se couvrir et par la suite s'abriter et protéger ses aliments. Créer du textile renvoi aux approches biologiques modernes précisant que la volonté de créer chez l'homme n'est qu'un conditionnement de la ligne de l'évolution qui ne fait que pousser l'homme à "penser avec les mains" afin de conserver le corps-futur. D'ailleurs le développement du textile en général et des vêtements en particulier le confirment[11]. Il a aussitôt compris qu'il était question d'habileté manuelle- caractère inné chez l'homme depuis son existence. Certes, il a essayé d'inventer des opérations et des solutions simples pour confectionner des "caches-corps". Petit à petit, l'homme primitif a essayé de faire évoluer la manière et la façon de concevoir ses tenues. Il a alors eu recours à des outils qu'il a développés instinctivement pour pouvoir façonner et transformer sa matière

[11] Jean Rostand, *L'homme, introduction à l'étude de la biologie humaine* (Paris : Gallimard, 1943).

première. Il a tout d'abord inventé des systèmes rudimentaires qui permettent d'enfiler le morceau de peau dans son état brut. Puis, il a conçu des outils qui l'ont aidé d'une manière ou d'une autre à faire évoluer son rapport à la matière. Il s'agissait à cette époque d'une considération purement fonctionnelle.

Plus tard et à la suite du développement de l'élevage et de l'agriculture pendant l'époque du néolithique – les premières traces de la sédentarisation, l'homme a fabriqué le fil, à partir des fibres naturelles (végétales et animales), créant ainsi le premier élément de l'étoffe[12]. L'homme a alors mis en place puis a développé certaines techniques et outils liés au filage et au tissage manuel.

Étant une méthode indispensable pour comprendre les phénomènes de société et les mécanismes de leur fonctionnement par rapport au facteur espace – temps, il est nécessaire d'appréhender, le contexte antérieur afin de comprendre les dispositifs ancestraux et la logique des apparitions techniques autour de ce genre de matériaux. Quelles sont les matières, les pratiques et les techniques de sa constitution qui lui sont attribués ? Quel est leur impact sur la relation primaire entre le vêtement et le corps ? Quel rapport particulier s'établit entre l'homme et la matière à l'époque préhistorique ? Quels ont été les processus d'acquisition, de transformation, d'utilisation des matériaux et des produits de la nature à cette époque ? L'homme pensait-t-il déjà au processus de création et de conservation ?

D'après Condorcet, l'acte de se vêtir est : « *[u]n signe qui sépare l'homme de l'animal* »[13]. Le besoin de se couvrir était tout d'abord lié à la protection : le besoin de se réchauffer contre le froid et s'abriter contre la chaleur : « *La protection contre les intempéries et contre le regard des autres* »[14]. Certains ethnologues disent que l'homme a inventé le vêtement par pudeur, c'est-à-dire pour cacher sa nudité, *« [h]abille une nudité plus intime que celle que le corps* avoue »[15]. Dans les imaginaires religieux, la feuille de mûrier est un signe qui fait référence aux "cache-sexes" qui peut prendre en charge le sentiment de la pudeur. L'approche

[12] Étoffe : nom qui a pris un caractère un peu archaïque. « Étoffe, en effet, fut longtemps le terme utilisé pour désigner tous les tissus traditionnels, tant les matériaux que dans les modes de tissage » : définition tirée de : « TEXTILE », *Universalis,* https://www.universalis.fr/encyclopedie/textile/.
[13] Dominique Lenoir Laborderie, "Modes vestimentaires chez les adolescents : construction de l'identité et du lien social.", Mémoire de Magistère de science sociales appliquées à l'interculturel dans les organisations, la consommation et l'environnement présentée à la Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Paris, https://wikimemoires.net/2012/05/modes-vestimentaires-chez-les-adolescents/, consulté le : 18 Mars 2018.
[14] Dominique Waquet et Marion Laporte, *La Mode* (Paris : PUF, 1999), 20.
[15] Eugénie Lemoine-Luccioni et André Courreges, *La Robe : Essai Psychanalytique sur le vêtement* (Paris : Seuil, 1983), 16.

psychanalytique s'accorde à approuver une hypothèse plus fonctionnelle affirmant que nos ancêtres, moins velus que les autres animaux, ont façonné le vêtement pour remplacer une pilosité inefficace, ce qui les a entrainés à : « *[d]evoir envisager la construction d'une nouvelle peau, une deuxième peau, pour affronter les rigueurs du climat* »[16].

La création de ces "cache-corps" remonte ainsi aux origines de l'humanité puisque l'homme, depuis son apparition sur terre s'est trouvé dans le besoin de couvrir le corps dépourvu de cette pilosité naturelle. Le souci de se vêtir est apparu alors lorsqu'il a commencé à explorer son environnement et prendre conscience des dangers qui menacent sa vie (les conditions climatiques, les animaux féroces, les autres humains, les maladies, …) d'où survient le besoin élémentaire de comment se vêtir ? La façon de se vêtir, en tant qu'activité matérielle des hommes, est liée à plusieurs facteurs. Survivre, se protéger du danger, des agressions climatiques, sont l'une des questions primordiales / vitales de l'être humain à l'époque primitive. Il s'est d'abord couvert le corps par tout ce qui était à sa portée. Comme la végétation, mais également des peaux brutes d'animaux sauvages, de fourrures[17] provenant de la faune et grossièrement assemblées. Ces opérations montrent le besoin de se couvrir, couvrir le corps contre les intempéries, les éraflures et tout danger qui le guettent. L'homme primitif vivait l'état d'une conscience embryonnaire qui ne pouvait pas engendrer une volonté. Il était dans le conditionnement de l'évolution naturelle et de celui du développement des enchaînements génétiques[18]. De ce fait, il avait recours à tout ce que lui offre la nature comme matière d'origine végétale : « *Les premiers hommes utilisaient des plantes ou des peaux d'animaux pour se vêtir. Avec des herbes, des tiges de vigne, des bandes de cuir, des peaux d'animaux, ils confectionnaient des vêtements* »[19], sinon à la chasse pour se servir des peaux de bêtes et fourrures d'animaux rêches et grossières pour se couvrir : « *Le cuir et la fourrure représentent certainement les types de "tissus" les plus anciens dont se servent les êtres humains pour s'habiller. Ils ne sont pas fabriqués, mais sont prélevés de l'animal en tant que peaux* »[20]. Se vêtir, c'est se munir d'une seconde enveloppe corporelle pour contrer les conditions climatiques (le froid, la pluie, le vent, la neige et les brûlures du soleil et la chaleur) et le danger.

[16] Etienne Weber, *Vêtements, Apparences et Travail Social* (Paca Corse : IRTS, 2004), 1.
[17] Les fourrures : sont les poils longs ou courts, rudes ou lisses, et elles peuvent être denses ou peu fournies. Les fourrures proviennent d'une grande variété d'animaux, définition tirée de : Eberle, Hermeling et al., *Technologie du vêtement*, 123.
[18] François Jacob, *La logique du vivant, Une histoire de l'hérédité* (Paris : Tel Gallimard, 1976).
[19] "Le tissu", accessible sur le lien : http://giselebazin.weebly.com/uploads/2/8/6/0/28606425/le_tissu.pdf, consulté le 12 Juin 2017.
[20] Jenny Udale, *Textile et Mode* (Paris : PYRAMID, 2009), 69.

L'homme préhistorique avait une certaine maitrise du processus d'acquisition et de transformation des matières. Avant 650 000 ans, l'homme s'est servi de la peau comme costume drapé ou enfilé en utilisant des lanières fines de cuir pour attacher les fourrures. Plus tard, pendant environ 80 000 ans, l'homme s'est vêtu directement de la peau de ses proies grâces à des outils en pierres ou en os permettant la découpe. Ces outils étaient généralement fabriqués par un matériau qui ne se dégrade pas à travers le temps et qui est à la fois dur et inaltérable : souvent la pierre.

La mutation des besoins de l'homme a fait en sorte qu'il y a eu différents types de fabrications d'outils. L'instinct de "designer" et le "réflexe de réponses créationnelles" étaient innés, présents dès la préhistoire avec l'homme primitif puisque celui-ci a essayé avec les matériaux disponibles (os, pierres …) de fabriquer des outils opérationnels qui l'aident à coordonner ses matières : « *Pour le différencier du règne animal, on attribue souvent à l'homme, et à ses ancêtres, des capacités et des aptitudes spécifiques : le langage, le développement cérébral et aussi la fabrication d'outils* »[21].

Ultérieurement, pendant environ 40 000 ans l'homme a pensé à relier des pièces de cuir ensemble pour former une sorte de tenue. Donc, il a essayé de développer des outils pointus et des aiguilles à coudre en utilisant des os d'animaux pour percer des trous dans les peaux afin de les lacer et coudre des habits sous forme de tuniques : « *Une invention majeure apparaît au Paléolithique Supérieur, il y a probablement environ 18000 an environ : c'est l'aiguille à chas* »[22] qui a permis à l'homme de rassembler les morceaux de tissus coupés afin de fabriquer les premiers vêtements cousus.

Puisque l'humain a pu inventer l'outil / l'instrument, il a alors commencé à agir sur la matière première pour élaborer certaines manières et façons de travailler la tenue telles que le montre les premières traces de la couture : « *Ensuite notre homo sapiens pense utile, en s'en donnant les moyens, de faire de la couture, c'était il y a environ 20 000 – 30 000 ans. Il constate aussi qu'il pouvait se servir de certaines lianes et plantes pour faire des fils résistants et donc des cordes et des filets utiles pour chasser* »[23]. Il a essayé de développer certaines technicités

[21] "Premiers outils de la préhistoire - Hominides", Hominides, accessible sur le lien : http://www.hominides.com/html/dossiers/premier-outil-prehistoire.php, consulté le 14 Mars 2017.
[22] Jean-LoïcLe Quellec, *Des artiens au Sahara : chroniques d'archéologie romantique* (Paris : Actes Sud, 2009).
[23] Pierre Albert, "Des textiles préhistoriques aux textiles intelligents ou 10000 ans d'histoire de l'homme habillé.", chronique écrite et présentée par le directeur de la recherche au CNRS, Vidéo en ligne, RFC, 103.7, les 5 nov., 3 et 17 Déc.2008,

pour d'autres usages tel que la chasse et la pêche. En développant une nouvelle technique pour pécher, créant le filet en utilisant les nœuds de différentes façons, il a compris qu'il pouvait adapter ces mêmes techniques pour confectionner le vêtement.

Préalablement, l'homme utilisait les plantes qu'il trouve à sa portée indépendamment de sa nature, dans son état brut pour cacher son corps ou pour fabriquer des lanières et des cordes qui l'ont aidé à attacher ses habillements et certains autres objets usuels. A part le fait de fabriquer des habits, il y a 10 000 ans le tissu servait aussi à fabriquer des sacs pour porter des fardeaux et faire de la vannerie. L'habileté manuelle a développé la volonté de l'homme pour y avoir recours et développer certaines manières de travailler le fil afin de produire des ficelles, des cordes de différentes tailles et solidité. C'est la main qui a inventé l'habileté du cerveau : l'homme primitif pense avec la main et le pied. Ceci peut nous éclairer sur l'importance du rôle du pouce[24] dans le développement des civilisations ancestrales. L'homme savait qu'il pouvait se servir de la fibre pour fabriquer des fils : « *Il y a environ 20 000 ans l'homme (la femme) a découvert qu'on peut produire un fil solide en tordant plusieurs fibres (d'origines végétales et animales) ensemble* »[25]. Les matières, les outillages utilisés, les méthodes employés tendent à se diversifier à travers les siècles d'où le développement du rapport de l'homme à l'objet et à la matière.

Le mode de vie de l'homme préhistorique était principalement basé sur les activités matérielles afin de garantir la survie : « *Ceux-ci décrivent l'activité matérielle des hommes, c'est-à-dire leur façon de chasser, de pêcher, de se vêtir, de se loger et de se nourrir. Activités auxquelles Marcel Mauss ajoutait les "techniques du corps" socialement acquises : façon de marcher, de s'assoir, de dormir, de nager, de courir* »[26]. Comme l'indique la pyramide des besoins de Maslow[27], les nécessités de l'être humain sont classées par ordre d'utilité. Demeurer est le premier souci de l'homme : affronter les conditions rigoureuses de la vie en subvenant aux besoins physiologiques – vitaux (respiration, faim, soif, sommeil,

---

accessible sur le lien : http://cermav.grenoble.cnrs.fr/wp-content/uploads/2018/04/textiles-intelligents.pdf, consulté le 03 Mai 2018.

[24] Invention de l'écriture grâce au pouce.

[25] Collectifs., *Dossier pédagogique, Textiles d'hier, d'aujourd'hui et de demain*. Lyon : Université de Lyon - CCSTI du Rhône, 2009, accessible sur le lien : https://www.soierie-vivante.asso.fr/PDF/fildhier.pdf.

[26] De Beaune, Sophie A., *La technologie des hommes préhistoriques*, *Dossiers d'Archéologie*, 2004 : 26-36, accessible sur le lien : halshs-00722386, https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00722386/document, consulté le 09 Mars 2017.

[27] Abraham Maslow est un psychologue célèbre, considéré comme le principal meneur de l'approche humaniste, surtout connu pour son explication de la motivation par la hiérarchie des besoins, qui est souvent représentée par une pyramide des besoins. Définition tirée du lien : https://www.babelio.com/auteur/Abraham-Harold-Maslow/159858, consulté le 29 Mars 2018.

sexualité, fertilité, élimination, …) : « *Aux besoins élémentaires de l'homme de se nourrir et de se loger s'ajoute le besoin de se vêtir. Le vêtement satisfait à de nombreux besoins* »[28]. Du besoin de se nourrir, les homo-sapiens ont commencé pendant la période du paléolithique – appelée aussi âge de la pierre taillée, par la chasse, la pêche et la cueillette pour s'alimenter et se servir de la peau et des fourrures pour créer ses "cache-corps" en utilisant des outils / armes qu'ils ont fabriqués tout seuls. Il est judicieux à ce stade de mettre l'accent sur l'action des hommes et aux matières sur lesquelles ces actions sont exercées.

Pour ce fait, les préhistoriens ont tout d'abord utilisé des outils primaires, sous forme d'objets naturels trouvés dans la nature - à l'état brut sans transformation. Puis pas à pas les hominidés[29] ont eu besoin de faire évoluer leurs outils donc ils ont créé des outils secondaires fabriqués avec un autre outil : « *Par exemple, une pierre utilisée comme percuteur qui permet de façonner une autre pierre et d'en faire un couteau* »[30]. L'homme connait l'outil depuis longtemps. Il l'a conçu en sachant que c'est un prolongement de sa main, qu'il a besoin de la main pour exercer. Donc, il a essayé de lui attribuer certaines propriétés et usages. Il était capable de mesurer, de couper, de percer, de racler… Une sorte d'artefact produit de la main de l'homme et pour sa cause. Plus tard il deviendra un artefact à intention esthétique / objet d'art et de design.

À travers le temps, l'homme a commencé petit à petit à développer les outils, les techniques, les procédés et méthodes pour faire évoluer le travail de sa matière. Pendant la période préhistorique l'homme primitif a su s'adapter avec son environnement et trouver des solutions avec les matériaux et les objets trouvés à sa disponibilité / à sa portée. Parallèlement, il a, à son tour, essayé d'améliorer la technique et les outils afin de mieux s'en servir pour fabriquer ses premiers vêtements portés. Progressivement, le souci ne reste pas lié uniquement à la fonction mais il commence à penser aussi à la performance (liberté de son corps et de ses mouvements /liberté du mouvement du corps dans tous ses états), l'entretien, particulièrement la conservation, des soucis qui ont une connotation d'ordre esthétique : « *L'homme a su maitriser le feu, il a fabriqué des lampes en pierre creusée. On a retrouvé ainsi toutes sortes d'objets décorés. Ces découvertes nous montrent que nos ancêtres avaient*

[28] Eberle, Hermeling et al., *Technologie du vêtement*, 128.
[29] Les hominidés : Mammifère primate à locomotion partiellement ou totalement bipède, présentant de fortes aptitudes à la vie sociale et à l'apprentissage, tel que l'homme actuel et les espèces fossiles les plus voisines considérées comme des ancêtres possibles de notre espèces (les hominidés forment une famille, du groupe des hominoïdes). Définition tirée du lien : http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/hominid%C3%A9/40231, consulté le : 30 Mars 2018.
[30] "Premiers outils de la préhistoire - Hominides", Hominides.

déjà l'envie d'embellir leur quotidien : l'objet ne devait pas simplement être utile, il devait être aussi pratique et beau »[31].

Nous pouvons constater que la question de la liberté du corps n'est pas récente et qu'elle a traversé l'esprit humain depuis longtemps. Toutefois, l'homme a pensé à transformer le cuir et la fourrure brute pour qu'ils deviennent résistant et durable : « *La transformation des peaux et des toisons en cuir remonte à très loin dans l'histoire de l'humanité. Étant donné que les peaux et les toisons se détériorent rapidement, qu'elles durcissent et deviennent friables lorsqu'elles sèchent, elles ne peuvent être utilisées telles quelles. La nécessité de préserver les peaux a conduit au développement des procédés de tannage. Une variété de méthodes de tannage et de conservation des peaux ont été développées dans différentes régions du monde, notamment la mastication (chez les Inuits[32]), le fumage et l'usage de graisse ou de divers extraits d'écorces dissous dans l'eau (tannin)* »[33]. L'humain pensait déjà à développer certaines techniques et procédés de transformation et de conservation pour garantir la durabilité de point de vue forme et usage des matières textiles soumises aux différents facteurs (soleil, vent, pluie, neige…). Ce sont probablement les premières solutions avant de penser à l'entretien des textiles et des vêtements. En raison de leur nature organique, les textiles sont sensibles aux conditions ambiantes notamment la lumière, la température, l'humidité, les organismes nuisibles, les forces physique, etc. La valeur esthétique était spontanée et représente un vecteur d'identification des tribus, des groupes, des sectes. Cependant l'homme primitif a commencé à introduire quelques motifs, couleurs inconsciemment. Même si les avis divergent sur le fond, la forme est perceptible : le vêtement et encore les abris (tentes des nomades) était purement fonctionnel aux prémices de l'humanité. Il a conçu au départ des "caches-corps" par but purement fonctionnel afin de répondre à ses attentes usuelles de tous les jours. Même si l'homme primitif ne comptait pas cette acception du mot "conception" dans son vocabulaire, les outils et les appareils qu'il fabriquait de ses mains étaient simple et fonctionnels et donc le sens/ la logique du design existe depuis ce temps-là. Il a depuis toujours travaillé la matière brute (peau d'animaux, bande de cuir, certaines végétations) de différente façon, grâce à des outils qu'il a conçus seul

[31] Pascal Semonsut, "Le feu, « un fil d'or dans le terne et sombre tissu de la Préhistoire » ", *Hominidés, les évolutions de l'homme*, accessible sur le lien : https://www.hominides.com/articles/le-feu-un-fil-dor-dans-le-terne-et-sombre-tissu-de-la-prehistoire/, consulté le 12 Avril 2017.
[32] Inuit : (en inuktitut, le mot inuit signifie « le peuple ») désigne un peuple autochtone qui habite majoritairement dans les régions nordiques du Canada. Définition tirée du lien : https://www.encyclopediecanadienne.ca/fr/article/inuit/ http://www.encyclopediecanadienne.ca/fr/article/inuit/, consulté le 19 Mai 2018.
[33] Eberle, Hermeling et al., *Technologie du vêtement*, 119.

à partir des os et de la pierre. Au fil des siècles, le rapport du corps – de la peau à la matière, à la conception et au côté esthétique a évolué par rapport à l'évolution du milieu, des savoirs faire et de ses attentes.

Comment les évolutions, les possibilités techniques ont été conditionnées par le développement d'outillage, d'ustensiles pendant l'époque de la migration des tribus ? Du passage du nomadisme au sédentarisme ? Qu'est-ce qu'on peut relever pendant la seconde partie de la préhistoire du rapport particulier de ces individus, de ces sociétés sédentaires comme apport au développement du textile ?

Le passage du paléolithique au néolithique, a été marqué par le changement du mode de vie de l'être humain (passage du nomadisme à la vie sédentaire), qui désormais, ne comptait plus uniquement sur ce que lui offrait la terre pour se nourrir ou se vêtir : « *À l'époque préhistorique, on utilisait des poils d'animaux, des plantes et des graines pour fabriquer des fibres* »[34]. Cependant, d'importants bouleversements techniques et sociaux ont eu lieu pendant la seconde période de la préhistoire, liées à l'adoption par les groupes humains d'un modèle de substance basé sur l'agriculture et l'élevage, impliquant le travail de la terre et la domestication des animaux [35]. Cette évolution n'est devenue possible qu'après la fin de l'ère glaciale, après que la surface de la terre ait commencé à se découvrir, à la suite de la fonte des glaces due au réchauffement de la planète : « *On pense que c'est il y a environ 80 000 ans, à la glaciation dite de Würm, qu'il y a eu le réflexe du quasi-prêt-à-porter en se vêtant directement de la peau de ses proies. En fait la vraie raison est qu'il s'était probablement doté d'outils en pierre ou en os permettant la découpe* »[36].

À la période du néolithique, l'homme a évolué et s'est regroupé en petite communauté sédentaire. Son mode de vie lui impose de s'immobiliser dans un endroit pendant quelques temps, ce qui l'a amené à pratiquer l'agriculture en choisissant de s'installer dans les plaines les plus fertiles d'où le commencement de la domestication animale (mouton, chèvre, bœuf) pour se nourrir à la base. Il a appris ainsi à utiliser les ressources naturelles de son milieu en

[34] Léon J. Warshaw, "L'industrie textile : histoire, sécurité et santé", *Encyclopédie de sécurité et de santé au travail*, http://ilocis.org/fr/documents/ilo089.htm, consulté le 03 Mai 2018.
[35] "Après le paléolithique, les historiens ont appelé la période suivante : le néolithique, elle commence vers 8000 avant J.-C et de termine vers 5000 ans avant J.-C" : "La deuxième période de la préhistoire : le néolithique", accessible sur le lien : http://siteducnet.free.fr/telech/Le%20n%E9olithique.pdf.
[36] Pierre Albert, "Des textiles préhistoriques aux textiles intelligents ou 10000 ans d'histoire de l'homme habillé", accessible sur le lien : http://cermav.grenoble.cnrs.fr/wp-content/uploads/2018/04/textiles-intelligents.pdf : chronique écrite et présentée par le directeur de la recherche au CNRS sur RFC (103.7) les 5 Nov., 3 et 17 Déc. 2008, consulté le 03 Mai 2018.

développant des outils plus perfectionnés. Il a alors commencé à exploiter les fibres produites localement comme une matière première pour la création des tissus. Les fibres utilisées pour réaliser du fils proviennent généralement de sources biologiques – naturelles : « *Au fil des siècles, l'homme a évolué. Il a appris à utiliser les ressources naturelles de son milieu. En tordant les fibres de plantes ou les poils d'animaux, il a découvert le fil* »[37]. Il serait bénéfique du point de vue du déroulement problématique du chapitre, de bien s'attarder sur l'idée importante du changement qualitatif qu'a effectué l'humanité en passant à un mode de vie généré par : L'invention de l'agriculture et la domestication des animaux car ces deux moments vont donner lieu à l'avènement du Commerce. Le commerce de toutes choses, les tissus y compris[38].

L'apparition d'un nouveau régime économique, en l'occurrence le troc, basé sur l'agriculture et la domestication des animaux a permis à l'homme d'inventer de nouvelles possibilités de travailler la matière textile grâce à l'utilisation de la fibre comme matériau de départ. L'invention du premier matériau textile par l'humanité datait il y a 27 000 ans[39]. L'homme a commencé à comprendre son environnement et à trouver des solutions pour travailler et exploiter certaines fibres et matières végétales (fibre de tige et fibre d'écorce) de plusieurs manières : « *La qualité du matériau résulte incontestablement de choix effectués, fonction de besoins et de projets déterminés à l'avance ; une dichotomie très nette existe entre les tissus confectionnés à partir de fibre de tige et ceux réalisés à partir de fibre d'écorce* »[40]. Les espèces végétales exploitées par ces premières sociétés dépendent des ressources du milieu - environnement dans lequel ils vivent. Une grande palette de végétaux cultivés et sauvages c'est-à-dire qui poussent au bord des rivières sont capables de fournir de la matière première. Seulement, le lin est le plus vieux matériau textile d'origine végétal au monde, il a été utilisé dès l'âge de pierre. Le lin cultivé semble être la matière végétale emblématique de la production textile à cette époque et nécessite différentes étapes de traitement : « *Le lin aurait été cultivé pour la première fois de manière systémique vers 5000 à 6000 av. J.-C en Mésopotamie, surnommé le berceau des civilisations* »[41]. Le lin est soumis au teillage, qui

[37] Jocelyne Desroches, *La couture : au fil des jours : une expérience d'alphabétisation populaire* (Québec : La Marée des mots, 1998), 30, http://bv.cdeacf.ca/bvdoc.php?no=24278&col=RA&format=htm#id6307946, consulté le 13 Novembre 2017.
[38] Friedrich Engels, *L'origine de la famille de la propriété privée et de l'état* (Paris : A. Costes, 1946), 124.
[39] James M. Adovasio, Olga Soffer et Bohuslav Klima, "Upper Palaeolithic fibre technology : interlaced woven finds from Pavlov I, Czech Republic, c. 26,000 years ago", *Antiquity* vol. 70, no. 269 (September 1996), 526, https://doi.org/10.1017/s0003598x0008368x.
[40] Fabienne Médard, *L'art du tissage au néolithique : IVe-IIIe millénaires avant J.-C. en Suisse* (Paris : CNRS, 2010), 200.
[41] Clive Hallett et Amanda Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles* (Paris : Eyrolles, 2010),130.

consiste à battre les tiges pour en extraire les fibres et éliminer les graines[42]. L'utilisation de la fibre - structure longue, fine et souple comme matière première était largement répandu à l'époque néolithique : Si les possibilités étaient nombreuses à cette époque nous sommes tenus d'en tirer d'un résultat avéré. L'émergence de deux classifications de matières textiles : les fibres de tiges et les fibres d'écorce : « *La réflexion qui suit repose sur les connaissances liées au travail du liber de tilleul (Tilia sp.) pour les matières issues des écorces et sur le lin (linum usitatissimum L.) pour celles issues des tiges. Ces deux espèces ont plusieurs fois été identifiées et, si elles ne constituent pas les seules possibilités, aucun doute ne semble permis quant à leur utilisation dans le textile néolithique. Elles sont considérées comme emblématiques des matériaux attestés* »[43]. Certaines plantes dont la tige comporte des fibres exigent des processus contraignant pour être extraites da la plante avant d'être transformé par filage ou tissage : « *Les schémas opératoires d'acquisition de la matière première sont semblables et comprennent une succession d'étapes - récolte, égrenage, rouissage, séchage, battage, teillage[44], peignage – préalables à sa transformation proprement dites – filage et tissage* »[45]. Le rouissage[46] est considéré comme l'étape la plus cruciale et délicate dans la préparation des fibres textiles. Cette opération détermine la qualité de la filasse et son aptitude au filage.

Quels ont été les mécanismes d'invention ancestraux autour de ces substances ? Quelle a été la logique d'apparition des premières traces d'un savoir-faire : méthodes employées et outillages utilisés pour faire du fil ?

Quels ont été les processus d'acquisition et de transformation des fibres en fils puis en tissus?

Quelles sont les différentes étapes du traitement des fibres exploitées pour la production du fil et de l'étoffe ?

---

[42] Hallett et Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*, 13.
[43] Fabienne Médard, "L'acquisition des matières textiles d'origine végétale en préhistoire", *Les Nouvelles de l'archéologie*, nº 114 (décembre 2008) : 3, https://doi.org/10.4000/nda.602.
[44] Le teillage : consiste à battre les tiges pour en extraire les fibres et éliminer les graines.
[45] Emanuelle Martial et Fabienne Médard, "Acquisition et traitement des matières textiles d'origine végétale en préhistoire : l'exemple du lin" (Oxford, 2007), dans "Plant Processing from a Prehistoric and Ethnographic Perspective = Préhistoire et ethnographie du travail des plantes" : *Proceedings of a workshop at Ghent University* (Belgique : Oxford : John and Erica Hedges Ltd, November 28, 2006) : 67-82.
[46] Le rouissage (rouir) : cette opération consiste à faire tremper dans l'eau le lin, l'ortie et le chanvre afin que les fibres textiles se séparent bien des autres composantes de la plante. Certaines plantes nécessitent de battre les tiges pour dégager des fibres des autres composants. Le Bambou doit être martelé. Nicole Hodcent, « Fibres et fils », dans *musée Jean-Lurçat et de la tapisserie contemporaine* (2011), https://musees.angers.fr/fileadmin/plugin/tx_dcddownloads/fiche_fibres_fils.pdf.

1-2 Le voyage du fil dans l'histoire : une mémoire des possibilités techniques du textile

Dans une étape antérieure nous avons montré que l'homme se servait de peau d'animaux (cuirs et poils) et de certaines végétations à l'état brut pour fabriquer, des cordes, des cordelettes, des lianes et des filets. Ultérieurement, l'homme aurait inventé certaines manières pour travailler les fibres issues de son milieu naturel. Les fibres quelles que soient leurs origines peuvent être directement transformées en feutre. Le feutrage[47] était l'une des premières méthodes pratiquées par les nomades qui permettait de fabriquer les tentes, les vêtements et quelques accessoires (chapeaux, bottes, …). Cette technique consiste à écraser et à rouler ensemble les fibres des poils d'animaux domestiques pour former un tissu isolant (phonique et thermique), imperméable et durable : « *Le procédé traditionnel est le feutrage humide, qui consiste à stimuler les fibres naturelles par friction et à les lubrifier avec une solution alcaline – généralement de l'eau savonneuse. Ainsi les fibres s'enchevêtrent et s'agglutinent* »[48].

Autrement, La plupart des fibres sont transformées en fil ce qui permet de fabriquer un tissu par la suite. L'importance accordée à l'activité du filage chez nos ancêtres a poussé l'homme à améliorer les outils et les techniques. L'intégration des relations du fil et de l'étoffe à la vie est due aux changements profonds des habitudes, des modes de vie de l'homme et des techniques. Celles-ci incluent les processus de fabrication et de production du fil depuis la fibre naturelle brute et l'évolution des outils à filer manuels utilisés par les artisans dans un cadre corporatif rural. Ceci permet de décrire et de clarifier le processus évolutif de cette production tout en soulignant les changements et les adaptations qui ont eu lieu. Les techniques se sont améliorées à travers les siècles pour aboutir à du fil plus fin et plus résistant pour des étoffes plus légères mais avec des méthodes antérieures à l'âge de la machine. Les ficelles diffèrent en fonction de leur composition. Par exemple, le tissu léger nécessite du fil fin, alors que l'étoffe épaisse nécessite du fil plus résistant. La composition du fils dépend de la nature de la fibre et de son traitement.

[47] Le feutrage : "Le feutre est une étoffe non tissée que l'on obtient en enchevêtrant, en agglutinant et en comprimant les fibres. Fabriquée par l'homme dès la préhistoire, cette étoffe peut être douce et souple, mais aussi suffisamment résistante pour intéresser l'industrie. Encore pratiqué de nos jours par des tribus nomades d'Asie centrale, la technique du feutrage est également appréciée en Occident pour ses applications artistiques et ses qualités écologiques", définition présentée dans le livre : Hallett et Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*, 130.
[48] Hallett et Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*, 25.

Les fibres naturelles les plus répandues historiquement – au fil de l'histoire ; et issues de matières végétales sont : le lin, le chanvre, le coton[49], et puis le raphia, le jute, le jonc, le kapok. Celles issues de matières animales sont : la laine[50], la soie … « *C'est d'abord le lin qu'il cultive au moyen orient dès 7500 avant J-C, puis le chanvre originaire d'Asie centrale, et enfin le coton que l'on retrouve en Inde 3000 ans avant notre ère. C'est dans cette même période qu'il commence aussi à filer d'autres fibres végétales telles que le raphia, le jute le jonc ou encore le kapok mais aussi des fibres animales comme la laine et la soie* »[51]. Chaque fibre a son origine et son histoire mais à la base tout est donné par la nature. Les fibres d'origine végétale[52] peuvent être sauvages ou cultivées dans les champs. Elles proviennent généralement des tiges, des feuilles de plantes, des fruits, des graines, des fleurs, de la sève ou encore de la branche entière.

En revanche, les fibres d'origine animale[53] sont obtenues du tondage des poils et de la fourrure des animaux. Cependant, certains insectes tels que le ver à soie et les araignées produisent directement un fil fin et résistant[54]. La production et la transformation artisanale de cette ressource naturelle demeure secrète jusqu'à l'ouverture des routes de la soie – routes commerciales permettant l'exportation des étoffes de la chine en Occident : « *Jusqu'à l'ouverture de la route de la soie au II^{ème} siècle av. J.-C., l'emploi de cette matière se limita à la Chine. Avec l'élargissement des échanges commerciaux, les étoffes et produits à base de*

[49] Le coton : est une fibre naturelle d'origine végétale. Elle est tirée des poils de la graine du cotonnier. Elle a été découverte en Chine et en Inde parallèlement il y a environ 3000 ans. L'utilisation de cette fibre pour réaliser des tissus est très appréciée partout dans le monde.

[50] La laine : est une fibre naturelle d'origine animal. Elle provient du tondage de la fourrure des moutons, des chèvres et d'autres animaux qui repousse sans cesse. Il existe beaucoup de type de laine tel que : l'alpage, le cachemire, la laine de lama, angora, yack, mouton, chameau. Autrefois la procédure de récupération de la laine était manuelle et tissée grossièrement au départ. Il semble que la fibre ait été utilisée depuis l'âge de bronze dans les pays nordiques. Depuis un peu plus de 20 siècle la laine est filée et utilisée pour réaliser les étoffes. Cette fibre est caractérisée par la forte capacité à garder la chaleur et à absorber l'eau.

[51] Pierre Aldbert, "Des textiles préhistoriques aux textiles intelligents *ou 10000 ans d'histoire de l'homme habillé*".

[52] Fibres végétales : chanvre, lin, coton, "les fibres sont issus des fleurs, des graines, des tiges, des feuilles des plantes, de la sève".
- Fibres provenant des tiges (lin, jute, chanvre, genêt, kénaf, ramie)
- Fibres provenant des feuilles (sisal, gucca, manille)
- Fibres provenant des graines (coton, kapok)
- Fibres provenant des fruit (noix de coco)

[53] Fibres animales **:** la laine, la soie "Les fibres sont issus des poils d'animaux et des sécrétions d'insectes''.
- Fibres provenant des poils de mouton (laine)
- Fibres provenant des poils de chèvre (cachemire, mohair)
- Fibres provenant des poils de chameau, alpaga, lapin (angora)
- Fibres provenant des poils de vigogne
- Fibres provenant des sécrétions d'insectes (soie, fils d'araignée, …)

[54] Une légende ancienne désigne Xi Ling Shi, épouse préférée de l'empereur Huang Ti (2677-2597 av. J.-C) comme étant à l'origine de la sériciculture. Tandis qu'elle prenait le thé sous un mûrier, un cocon tomba dans sa tasse. Enroulant alors le filament autour de son doigt, la souveraine aurait découvert par hasard la technique du dévidage. Cependant les fouilles archéologiques modernes suggèrent que la sériciculture était déjà pratiquée depuis longtemps en chine, accessible sur : Hallett et Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*, 105.

soie furent exportés en grandes quantités dans tout le monde connu de l'époque, c'est-à-dire jusqu'à Rome. Cependant, les chinois gardèrent soigneusement le secret des techniques subtiles de la sériciculture »[55].

Le souci de se vêtir s'élargit à la suite de la croissance démographique et de l'évolution des activités humaines. Le vêtement en fait de même et son adaptabilité face à ce mouvement permet de se pencher vers des soucis plus larges tels que la sécurité, la stabilité[56] et le confort[57] du corps humain. L'interaction entre le corps et le vêtement dans différents milieux incite à trouver des solutions et des techniques pour confectionner des vêtements qui répondent à des fonctions et besoins élémentaires : « *[a]fin de maintenir un certain degré de confort, le vêtement doit contribuer à régulariser l'échange entre le corps et son microclimat environnant, l'isolation, la ventilation, l'absorption et l'évacuation de l'humidité sont des fonctions primordiales de la physiologie du vêtement. Un choix judicieux de vêtement permet de survivre dans des conditions climatiques extrêmes* »[58]. L'homme a vite eu conscience de son rapport avec le milieu auquel il vit (ressources naturelles – exigences climatiques – dimension socio-culturelle) et a essayé de trouver des solutions pour les contrer. Le vêtement devient une espèce d'appui ou de renfort à la régulation thermique du corps humain. Il a alors eu recourt certaines fibres naturelles cultivées dans son milieu natif et dotées de propriétés particulières pour garantir sa protection et identifier son statut social. Le choix d'une fibre par apport à une autre pour la réalisation d'un tissu dépend de ses caractéristiques intrinsèques et des besoins fonctionnels, morphologiques, esthétiques et de la localité de chaque civilisation. Certaines fibres permettent de réaliser des étoffes chaudes, d'autres des tissus résistant à la chaleur. Nous allons présenter la différence entre les propriétés de certaines fibres végétales et animales en montrant leurs avantages et leurs inconvénients. Comme on l'a mentionné précédemment, chaque type de fibre que ce soit végétale ou animale à son histoire, sa provenance, ainsi son processus de transformation en étoffe lui attribue des caractéristiques d'ordre esthétique et notamment fonctionnelle – d'usage. Les particularités de chaque fibre textile d'origine végétales (le lin, le chanvre, le coton) aident les créateurs d'une manière ou d'une autre dans le choix des fibres adéquates pour chaque usage désiré – particulier.

[55] Hallett et Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*, 106.
[56] Stabilité : le vêtement doit être durable et conserver sa forme.
[57] Le confort du vêtement doit être constant, quel que soit l'environnement pour lequel le vêtement a été conçu.
[58] Eberle et Hermeling, *Technologie du vêtement*, 128.

Le lin, fibre provenant d'une tige est caractérisée par sa résistance, sa brillance, son effet soyeux, sa finesse. Elle absorbe et laisse facilement évaporer l'eau. En revanche elle est caractérisée par une faible élasticité et un grand froissement. Elle est aussi difficile à blanchir. Pour des raisons climatiques, l'homme portait des vêtements légers, donc leurs costumes sont fabriqués essentiellement de lin. Le chanvre est plus résistant à la traction que le lin mais il est peu perméable à l'air et à l'eau, peu souple et d'un toucher rugueux. Tandis que le coton, lui, est agréable au porter et est résistant. Il a une bonne capacité d'absorption et un entretien aisé. Seulement, il est un isolant thermique moyen et surtout d'une froissabilité importante. C'est ce qui nous laisse remarquer que les caractéristiques de ces fibres ont permis d'avoir des tissus pour les saisons chaudes puisque le lin possède des propriétés rafraichissantes et le coton est connu pour son absorption.

On passe présentement aux fibres textiles d'origine animales (la laine, la soie). La laine extraite du mouton est caractérisée par une grande élasticité, résistance, souplesse, pouvoir isolant, auto défroissabilité et absorption. Tandis qu'elle résiste mal aux frottements et est attaquée par les mites. Elle nous permet d'avoir des étoffes chaudes puisqu'elle réchauffe. Or, la soie issue du Bombyx Mori, est considérée comme la plus fine et la plus longue des fibres naturelles et a donné lieu à des étoffes précieuses. La fibre se spécifie par sa résistance, son élasticité, sa douceur, son pouvoir isolant, son auto défroissabilité, sa capacité d'absorption d'humidité pourtant elle est sensible à la lumière. Les caractéristiques uniques de chaque fibre permettent de les distinger et de comprendre leurs propriétés respectives. Selon Jenny Udale : « *Chaque fibre possède des caractéristiques et des qualités qui lui sont propres. Les fibres de coton, par exemple, produisent un tissu respirable, tandis que les fibres de laine créent une étoffe chaude, mais qui peut craindre la chaleur* »[59]. L'utilisation d'une fibre ou d'une autre pour la fabrication des étoffes s'impose pour des raisons purement fonctionnelles, puisque à cette époque, le fonctionnalisme est une doctrine esthétique selon laquelle la beauté de l'œuvre dépend de son adaptation à sa fonction.

On remarque alors que l'homme a commencé depuis ce temps-là à penser à des soucis climatiques et à choisir les fibres qu'il utilise de la part de leurs propriétés pour produire du tissu. Il a essayé de le développer en pensant à une nouvelle vocation et à un nouveau besoin qui est la sécurité et le confort.

[59] Udale, *Textiles and fashion*, 41.

Or pour pouvoir parvenir à ce résultat et bénéficier des caractéristiques propres à chaque tissu, il faut d'abord passer par l'étape de sa transformation de matériau brut à sa confection pour aboutir au résultat final. Il est primordial donc de se pencher sur la question de comment les fibres sont travaillées ?

L'action de transformer de la fibre en fil comporte quatre opérations : le cardage, le peignage, l'étirage et le filage. Cette démarche consiste à étier et à tordre les fibres ensemble pour obtenir un fil. Comme indiqué précédemment : « *La soie est la seule fibre naturelle formée de filaments qu'il est possible de réunir et de transformer en fil par torsion. Les autres fibres naturelles doivent être préalablement étirées et alignées parallèlement par peignage, puis transformées en un fil continu par filage* »[60].

Avant de transformer les fibres en fil, il faut absolument brosser les fibres brutes et retirer les impuretés pour les préparer ensuite à l'action. Cette technique s'appelle le cardage et elle consiste à démêler les fibres à l'état brut grâce à un gros peigne afin d'obtenir un gros fil (ruban) souple et fort : « *Le cardage est une opération qui consiste à brosser les fibres brutes ou nettoyées pour les préparer au filage. Diverses catégories de fibres peuvent être cardées, parmi lesquelles toutes les fibres animales et le coton. Le lin n'est pas soumis au cardage, mais au teillage, qui consiste à battre les tiges pour en extraire les fibres et éliminer les graines. Le cardage permet en outre de mélanger des fibres de différentes natures ou couleurs* »[61].

Comme l'auteur l'a précisé, à part le fait de nettoyer les fibres et de les rendre souples et homogènes, ce procédé permet de mélanger différentes fibres et couleurs afin d'avoir plus de choix dans la matière. Le premier outil est une sorte de deux brosses en bois avec des tiges métalliques qui permettent, à l'aide d'une technique manuelle, de frotter les fibres entres les deux parois : « *Lorsqu'il est réalisé à la main, il nécessite deux brosses semblables à celles que l'on utilise pour les chiens. Le cardeur frotte les mèches entre ces deux brosses jusqu'à ce que les fibres soient à peu près toutes orientées dans la même direction. Les fibres sont ensuite réparties uniformément sur un rouleau (ou sur un bousin), prêtes à être filées* »[62]. Cette habileté manuelle léguée par nos ancêtres s'est développée à travers le temps

[60] Warshaw, "L'industrie textile : histoire, sécurité et santé".
[61] Hallett et Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*, 13.
[62] Ibid.

permettant ainsi de produire plus de matière en un moins de temps et c'est cette raison qui permit l'invention de la cardeuse mécanique plus tard.

Après avoir été cardées, les fibres subissent maintenant le peignage qui consiste à tirer les fils courts et les fils longs afin de fabriquer des tissus de meilleure qualité. Ce procédé ne s'applique pas à tous les tissus : « *Venant généralement compléter le cardage, le peignage confère un aspect plus lisse aux fibres ainsi qu'à l'étoffe finale. Il consiste à retirer les fibres courtes, appelées blousse, à paralléliser les fibres restantes et à les assembler en rubans* »[63]. Ensuite, vient l'étirage qui consiste à obtenir des rubans plus fins et plus minces puisque à chaque étirage ces derniers subissent une torsion[64] pour arriver au fil. Le filage est l'étape finale, c'est l'action d'étirer les rubans pour obtenir le fil. Cette opération se répète plusieurs fois. L'art du filage est attesté dès la sédentarisation des hommes qui découvrent qu'il est possible de fabriquer un fil solide en parallélisant les poils ou les fibres végétales puis en donnant manuellement une torsion aux faisceaux de fibres. La technique d'entrelacement des fibres pour faire du fil, était l'une des activités les plus anciennes de l'humanité. Elle est présente dès les premières traces de la vie organisée. Cette technique a d'abord été exécutée au doigt, car aucune fibre n'apparait directement sous forme de fil sauf la soie.

La technique du filage était tout d'abord manuelle et généralement réalisée par les femmes dans les milieux ruraux, celles-ci détachées des activités agricoles en hiver avaient du temps pour exercer d'autres tâches qui lui sont utiles telles que le filage et le tissage afin de fabriquer des étoffes chaudes pour se couvrir du froid en hiver et d'autres tissus froids pour résister à la chaleur de l'été indépendamment de la fibre. Elles commencent en premier lieu par filer les fibres qu'elles ont prélevé des fourrures d'animaux ou de la récolte. Ces procédés de fabrication nécessitent une grande intelligence, présence d'esprit, agilité et habileté pour imaginer les étapes et les gestes de préparation d'un fil solide (lisser – filer – tordre) : L'acte du filage était tout d'abord travaillé par torsion en utilisant les doigts pour enrouler les fibres : « *La méthode la plus ancienne consista à rouler les fibres entre les paumes de la main ou entre la main et la cuisse pour obtenir un petit rouleau »*[65].

[63] Hallett et Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*, 13.
[64] La torsion : Ce terme désigne le sens dans lequel un fil a été filé, ou retordu. La torsion en Z est orientée vers la droite, tandis que la torsion en S part vers la gauche. L'importance de la torsion se mesure en nombre de tours par mètre (t/m). Deux fils ou davantage peuvent être tordus à nouveau ensemble pour former un retors, plus épais régulier et solide, ou pour introduire une couleur différente et créer un effet chiné, définition tirée de : Hallett et Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*, 14.
[65] Claude Fauque, *L'industrie des désirs : une histoire culturelle des étoffes* (Paris : IFM, REGARD, 2012), 16.

Il s'agit de toute une démarche de transformation du brin (fibre, toison) en fil. Cette technique consiste à tordre les fibres afin de les rassembler en un fil long et solide. Les doigts de l'artisane sont leur seul outil : « *Le filage n'est pas une opération facile : c'est un long travail qui nécessite de la régularité et de la patience, et dont la mémoire contemporaine n'a plus idée. Pour filer, en fait, il faut tordre entre le pouce et l'index un petit faisceau de fibres qu'un peignage préalable a rendu parallèles. Pour faciliter l'opération, la fileuse avec sa salive humectait la longueur de fil. On arrivait à filer avec continuité en ajoutant un faisceau de fibres comparable au premier pour qu'il n'y ait pas trop de différence dans le diamètre du fil à obtenir* »[66]. Mais cette technique manuelle était très longue et ne permettait pas de produire en grande quantité. C'est pour cette raison que l'homme a travaillé son agilité afin d'inventer un premier outil qui lui faciliterait la tâche et à ce stade intervient le fuseau apparu au Néolithique : « *La première amélioration fut précisément le fuseau, baguette de bois, d'os ou de métal, sur laquelle on enroulait la fibre tout en l'amincissant. Pour régulariser le mouvement de rotation, on enfilait sur le fuseau un disque de pierre ou de terre cuite, dit fusaïole* »[67]. Le procédé de filage était le symbole de l'activité féminine et il consiste à enrouler le fil sur l'objet cylindrique qui s'appelle fuseau.

Donc, petit à petit, l'homme a essayé de trouver une solution en inventant le premier outil de filage, qui était une sorte de branche avec crochet : « *Le premier outil de filage était un petit bout de bois avec un crochet pour attraper le fil. On peut rouler la branche sur la chaise pour accélérer la torsion. Et pour stocker le fil on l'enroule autour de la branche* »[68]. La branche était un outil de filage bien efficace à ce temps mais qui ne permet pas de filer une grande quantité car la méthode est lente.

Le filage rend donc le fil solide et résistant : « *On dit que "filer" est une excellente méthode thérapeutique pour lutter contre le "stress". Les bergers et les bergères ont beaucoup excellé dans l'art du filage. Cela permettait de passer le temps en surveillant le troupeau. Avant de filer la laine (par exemple), il fallait d'abord la carder, c'est-à-dire la démêler pour mettre les brins dans le bon sens, ce qui facilitait un filage plus rapide, et ensuite la peigner pour faire tomber les impuretés. A partir de ce moment, les fibres étaient propres et prêtes. La*

[66] M. Alcan, *Traité complet de la Filature du Coton* (Paris : Noblet et Baudry, 1865), 150.
[67] Fauque, *L'industrie des désirs,* 16.
[68] "Petite histoire du filage", accessible sur le lien : http://www.lahottee.info/F_SpinningIntro.php, consulté le : 13 Octobre 2017.

quenouille[69] *était un bâton, attaché le plus souvent à la ceinture, qui servait de support de stockage aux fibres* »[70].

Ce savoir sera par la suite transmis de génération en génération pour le faire évoluer et donc l'améliorer. Il y avait cependant quelques problèmes : le fil se détord aussitôt en lâchant prise. Le procédé de filage des fibres et le mode de fabrication des fils ont un impact sur la performance et l'aspect final du tissu.

A cette époque la quantité de fil nécessaire à la réalisation d'un vêtement nécessite plusieurs mois de travail d'où la nécessité d'une grande recherche de solutions plus faciles et plus adaptées à l'usage : « *Le filage, d'abord au fuseau avant le XIIème siècle, puis au rouet à main puis à pédale. Il a pour but de former du fil par étendage et torsion. Ce travail, lent et fastidieux, est essentiellement féminin et a lieu en milieu rural lorsque les femmes sont libérées des travaux agricoles en hiver. Les fileuses professionnelles peuvent travailler jusqu'à 12 heures par jour et le travail de 10 fileuses n'alimente qu'un seul métier à tisser* »[71].

On remarque l'importance accordée à l'activité du filage chez nos ancêtres ce qui pousse l'homme à améliorer les outils et les techniques : « *La torsion des fibres permet de les rassembler en un fil plus long et plus solide. Initialement, le filage se faisait à la main. Puis le fuseau – une tige en bois renflée en son milieu -, a rendu l'opération plus aisée. Par la suite, le rouet a permis de filer plus vite et en continu. Utilisé dans un cadre domestique, il était actionné à la main ou au pied. Plus tard le rouet hydraulique, suivi par la machine à vapeur, a permis le développement du filage en usine. Enfin, l'apparition de l'électricité a transformé le filage en une activité commerciale bien plus complexe* »[72]. Il est intéressant que l'évolution technologique ait influencé le métier de tissage. Celle-ci a même permis d'ouvrir plusieurs horizons à ce qui deviendra une industrie. D'où la question suivante :

Quelles sont les possibilités modernes des techniques de fabrication des textiles ?

---

[69] La quenouille : On fixait sur cette toute simple baguette de bois ou de roseau le paquet de filasse à transformer en fil.
[70] Maguy Raimbaud, "Le fil et son histoire", *Japse Couture*, 4 Septembre 2015, accessible sur le lien : https://jaspecouture.com/le-fil-et-son-histoire/, consulté le : 15 Juillet 2017.
[71] C Maillé-Virole, "L'âge industriel : l'ère du charbon", *Le petit journal*, 1, accessible sur : https://www.arts-et-metiers.net/sites/arts-et-metiers/files/2021-10/field_media_document-304-pj_age_industriel_ere_du_charbon_1.pdf, consulté le : 15 Juillet 2017.
[72] Hallett et Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*, 14.

L'homme a voulu fabriquer du fil pour diverses raisons : se procurer des habits, des habitacles et certains réceptacles. Après avoir obtenu le fil, l'homme l'a travaillé de certaines manières pour le transformer en matière textile ou en produits à base de textile. Les fils ont servi antérieurement à développer certaines techniques primitives telles que l'effilochage, la vannerie[73], le cordage, le tressage, le tissage, etc : « *Un fil qui fut certainement d'abord reconnu comme un brin. Entrelacs de brins d'herbes domestiqués pour la vannerie, tressage, clôtures, entrecroisements de barrières, arbrisseaux des palissades : l'homme se fit les dents sur tout ce que la nature lui offrait pour délimiter et améliorer son espace de vie* »[74]. L'homme a eu recours à travailler tout ce que la nature lui fournit comme matériau apte à être tissé afin de créer et ainsi de progresser son espace de vie. Il s'agit des prémisses de la notion de l'architecture et de l'aménagement de l'espace grâce à la mise en œuvre de création à base de fil textile.

Cependant, l'homme a fait évoluer certaines techniques pour développer ses manières de faire avec sa matière première dans le but de faire progresser son environnement. Les usages du fil sont alors très nombreux et exigent des méthodes de fabrication bien appropriées à cette époque particulièrement : les techniques cordées / tricotées et les techniques tissées. L'habitat nomade est l'un des exemples phare : « *Les nomades ne sont ni des transhumants, ni des caravaniers, à l'étape, à l'ombre de la tente, la femme installe son métier et tisse les sacs, couvertures et toile de tente que réclame la vie quotidienne. Les motifs géométriques, la permanence d'un rouge brun extrait de l'écorce de grenade, les ornements de glands, pompons, coquillages, perles ajoutent leurs accents à la vivacité de la polychromie* »[75]. L'activité du tissage n'était pas seulement réservée à travailler l'habit qui couvre le corps mais beaucoup d'autres éléments d'origine textile pour la maison. Le textile a toujours eu cette notion de protecteur : protéger le corps, l'abriter, et ultérieurement délimiter l'espace et le parer grâce à la réalisation des tapis : élément important dans l'histoire du textile. L'art de la tapisserie lui a vite accordé un second rôle de parer les maisons et les châteaux et leur a donné un air d'intimité et de luxe : « *Dans les châteaux médiévaux, ouverts aux courants d'air, on lui attribuera le même rôle pour cloisonner l'espace, adoucir l'atmosphère et apporter un peu d'intimité. L'heure de gloire de la tenture sera celle de la tapisserie de haute*

[73] "La vannerie et les techniques de filage et de tissage existe déjà à l'âge de la pierre, la plus ancienne période connue de l'évolution culturelle de l'homme qui se termine vers 1800 avant J.-C. Les vêtements sont fabriqués à l'aide d'instruments en silex et en os" : Eberle, Hermeling et al., *Technologie du vêtement*, 220.
[74] Fauque, *L'industrie des désirs,* 15.
[75] Ibid., 20.

lice à la fois utile et décorative, n'étant plus seulement objet de séparation mais de parure des murs eux-mêmes, très vite signe de richesse et de pouvoir, donc objets d'envie »[76]. Avec le temps les tapisseries sont devenues de plus en plus nombreuse et indispensables dans la plupart des lieux. Ils expriment un plaisir artistique et une sensation de confort et d'intimité produites aussi par d'autres objets tels que les coussins et les couvertures, rideaux, nappes de table. Ces objets, hormis leur utilité, apportent à l'espace chaleur et beauté : « *C'est au moyen Âge que le textile commence à trouver réellement une place dans nos intérieurs à travers des « courtines » qui furent les premiers rideaux. Simples morceaux de toile, ils servaient de protection contre le froid. Les tapisseries issues d'autres techniques textiles, ornaient les murs des demeures princières avec une fonction informative et décorative mais avant tout isolante, car elles étaient sur des murs épais et aux hauteurs de plafonds imposants* »[77]. Comme on l'a vu dans la première partie de ce chapitre le textile a servi tout d'abord à protéger, protéger nos corps, nos demeures puis progressivement on lui a attribué de nouvelles fonctions telles que la parure avec l'apparition des besoins sociaux : identification de classe, en inventant une variété de techniques de mise en œuvre qui ont permis de réaliser des étoffes riches en couleurs et en motifs.

Il est notable de remarquer le passage d'une utilisation basique et primaire du matériau d'origine à une utilisation ornementale et esthétique. Ceci est dû à une évolution des besoins mais également des pratiques auxquels il se trouve soumis.

Dès lors, deux questions émergent :
Comment peut-on présenter le textile ?
Quels sont les techniques de sa réalisation ?

Le textile recouvre l'ensemble du monde de tissu et désigne plus particulièrement les techniques qui s'y applique : *« Au pluriel, les textiles constituent une vaste famille recouvrant celle des étoffes, nom qui a pris un caractère un peu archaïque* »[78]. La plupart des fibres sont transformées en fils, ce qui permet ensuite de fabriquer un tissu. Les étoffes non tissées sont fabriquées directement à partir de fibres de laine non tissées. (Nous rappelons que la

[76] Fauque, *L'industrie des désirs,* 21.
[77] Bost et Crosetto, *Textile, innovation et matière actives*, 12.
[78] Eugène Amouroux, Jean-Yves Dréan et al., "TEXTILE", *Universalis*, https://www.universalis.fr/encyclopedie/textile/, consulté le 25 Mars 2018.

technique du feutrage a été présentée dans une étape antérieure[79]). L'homme a alors eu recours à travers le temps à différents procédés à l'aide de certains outils et certaines astuces qu'il a su développer et maîtriser avec le temps. Il les a utilisés de différentes manières pour travailler l'œuvre textile qu'elle soit un vêtement ou autres choses : les deux manières de faire les plus importantes sont le tricotage[80] et le tissage : « *Les principales techniques sont le tissage et le tricotage. Toutefois les fils peuvent également être noués ou entrelacés, par exemple avec le crochet, la dentelle ou le macramé. Il existe également le feutrage, qui consiste à comprimer et agglutiner les fibres* »[81].

Au début, l'homme tricotait et tissait à la main. Il était capable de transformer manuellement des fils en tissus ou en toile : « *Depuis son apparition sur la Terre, l'être humain a eu besoin de vêtements et de nourriture pour survivre. La fabrication de tissus et de vêtements remonte donc aux origines de l'humanité. Les anciens se servaient de leurs mains pour tisser et tricoter du coton ou de la laine et obtenir ainsi du tissu ou de la toile* »[82]. Le tricot appelé aussi maille est une technique qui permet de réaliser une étoffe en enroulant un ou plusieurs fils continus en boucle sur eux-mêmes. Ces boucles de fil attribuent du volume et de l'élasticité. Toutes les fibres textiles peuvent être tricotées et il existe une variété importante de points et de motifs. Autrefois, le tricot se pratiquait à la main avec deux aiguilles dont le diamètre varie selon la grosseur du fil utilisé et la grosseur des mailles désirées, mais ultérieurement l'homme inventa une machine pour l'aider à réaliser du tricot : « *La première technique textile inventée fut le feutre, puis rapidement le tissage. Sa mise au point, ses déclinaisons en fabrication mirent plusieurs siècles à s'établir. Les tricots arrivèrent plus tard, dans la première partie du Moyen Âge, comme le montrent les fouilles en Égypte et dans les pays scandinaves* »[83]. Le cadre à tricoter inventé par William Lee en 1589[84] est l'une des inventions clés qui a façonné la société et a permis la création textile.

Les changements dans la technique du tissage à travers les siècles ont été ponctués, à chaque période, par les inventions qui se sont avérées, à leur tour, responsables de l'évolution de

[79] Indiqué dans la partie précédente : le textile, c'est une histoire du fil.
[80] Tricotage : "Un tricot est constitué de boucles de fils entrelacées, appelées mailles. On peut le réaliser à la main avec des aiguilles, avec une machine à tricoter mécanique ou encore avec une machine automatique. Avec l'apparition de l'automatisation, le tricot à la main est devenu un artisanat suscitant un engouement variable au gré des modes", définition présentée dans le livre : Hallett et Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*, 22.
[81] Hallett et Johnston, *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*, 16.
[82] Warshaw, "L'industrie textile : histoire, sécurité et santé".
[83] Bost et Crosetto, *Textile, innovation et matière actives*, 11.
[84] Peta Lewis, "William Lee's Stocking Frame: Technical Evolution and Economic Viability 1589–1750", *Textile History* vol. 17, no. 2 (1986): 129-147, DOI: 10.1179/004049686793700890.

l'industrie textile. Le tissage manuel a commencé à naître à la suite de l'évolution de la technique d'élaboration du fil pour pratiquer le filage. La première machine à filer a été inventée par James Hargreaves en 1765[85] et a permis d'obtenir une quantité de fils. Il y a eu un passage au stade de l'entrelacement des fils au façonnage de l'étoffe à travers une certaine gestuelle. C'est ce que l'on appelle le tissage pour aboutir au tissu, matériau de base du vêtement : « *Depuis que l'art du filage existe, qui consiste à former des fils par assemblage et torsion de fibres, l'homme a très vite développé des techniques de tissage pour confectionner des textiles pour son usage quotidien, en particulier pour se vêtir et se protéger du froid. Il a commencé par utiliser des fibres d'origine animale (laine de mouton, de lapin Angora…) ou végétale (lin, coton…)* »[86].

La première trace d'un métier à tisser était sous la forme d'un simple cadre en bois sur lequel on tend une série de fils appelée chaîne. L'action consiste à tirer un fil de chaine sur deux pour créer un espace vide appelé la foule afin qu'un autre fil appelé trame puisse passer perpendiculairement : « *Les premiers tissus connus datent de la préhistoire, à la fin du néolithique (9000 av. J.-C – 3300 av. J.-C) : on prépare les fibres, on les cadre, on les file, puis on les tisse. Les fils de chaine sont tendus entre deux bâtons de bois enfoncés dans le sol. Avec une perche, un fil de chaîne sur deux est tiré afin de créer un espace vide, appelé la foule, où le fil de trame passe, perpendiculairement au fils de chaines* »[87]. Au début, l'homme fait passer le fil avec ses doigts mais par suite il a conçu un outil, qui va l'aider dans cette opération, qu'on appelle navette : « *Traditionnellement, une navette permettait de faire passer les fils de trame d'un côté à l'autre par-dessous ou par-dessus les fils de chaîne* »[88].

La fabrication des tissus a une grande histoire qui suit le progrès des techniques élaborées par chaque civilisation. Depuis l'Antiquité, l'outil de base était le métier à tisser manuel. Ensuite et avec le temps certaines améliorations avaient été apportées sur la forme : évolution des techniques - mais le principe reste le même : « *Pour tisser, il faut croiser des fils. Les fils disposés dans le sens de la longueur sont appelés fils de chaîne et ceux disposés dans le sens de la largeur, fils de trame. Les fils de chaîne sont séparés en deux nappes entre lesquelles*

[85] Frank W. Thackeray& John E. Findling, *Events that changed Great Britain Since 1689* (Westport, CT: Greenwood Publishing Group, 2002).
[86] Guy Nemoz, "Chapitre 11 : Le textile, un matériau multifonctionnel", dans *La chimie et l'habitat* (Les Ulis : EDP Sciences, 2011), 207-224, accessible sur le lien : http://www.mediachimie.org/sites/default/files/chimie_habitat_207.pdf, consulté le : 07 Mars 2018.
[87] "Dossier pédagogique : Textile d'hier, d'aujourd'hui et de demain", 15.
[88] Udale, *Textiles and fashion,* 70.

passe une navette chargée de fil de trame. L'ensemble de ces fils croisés compose le tissu, aussi appelé toile. Les fils de chaîne étaient préparés par les fabricants. Le tisserand était chargé de tisser la trame »[89]. La société sédentaire a permis la naissance de ce qu'on appelle ‘'artisanat'' puisque à cette époque on commence à s'organiser en inventant le système de métier. Chaque artisan se spécialise dans un savoir-faire particulier d'où la naissance des tisserands. Chacun ne pratique qu'un seul métier d'où le développement d'un système lié à la spécialisation : « *La fabrication des textiles était initialement un art manuel pratiqué soit par des fileurs et des tisseurs qui travaillaient à domicile, soit par de petites équipes d'artisans qualifiés* »[90]. Les métiers artisanaux étaient alors comme suit : « métiers sur cadre, métiers à sangle dorsale, métiers verticaux à pesons »[91].

Les premiers métiers à tisser verticaux apparaissent vers 1400 av. J.-C. La chaîne est alors tendue entre deux barres horizontales. Le moyen pour passer le fil de trame dans la foule reste le même pendant longtemps : une navette se glisse à la main dans l'ouverture[92].

La technique du tissage permettait d'orner le tissu de motifs décoratifs. Nous pouvons remarquer toujours une légère différence entre deux exemples d'un même produit artisanal malgré qu'ils aient été produits dans la plupart des temps par le même artisan. Puisque les objets en cause sont fabriqués par la main de l'homme, ils ne peuvent jamais être identiques au millimètre près. Pendant l'antiquité, nous distinguons les classes sociales à travers les matériaux utilisés pour la fabrication de leurs objets. Aussi une forme et un décor plus raffinés peuvent être des signes de distinction. Nous pouvons ainsi disposer d'objets qui reflètent l'importance de leur propriétaire dans la société, car les objets les plus simples faits avec les matériaux les plus rêches, les moins solides à l'usure et surtout les plus simples sont destinés aux pauvres. Plus le propriétaire est pauvre plus le textile qu'il utilise pour s'habiller ou autre est simple. Cependant les objets les plus extravagants, contenant généralement des fibres précieuses sont, dans la plupart du temps importés, et confectionnés pour les riches et ceux qui détiennent le pouvoir. Notons aussi qu'à ce temps-là le commerce s'est développé, ce qui a permis l'échange entre les différentes civilisations. Le textile a une grande histoire tracée par les grands échanges internationaux qui ont eu lieu à travers le temps et qui ont été fondamentaux pour son développement.

[89] C Maillé-Virole, "L'âge industriel : l'ère du charbon"/
[90] Warshaw, "L'industrie textile : histoire, sécurité et santé".
[91] Fauque, *L'industrie des désirs : une histoire culturelle des étoffes*, 250.
[92] "Dossier pédagogique : Textiles d'hier, d'aujourd'hui et de demain", 5.

1-3 Évolution et amélioration artisanale et manuelle des techniques

Au fil des siècles, les tissus ont subi une grande évolution sur le plan des techniques et des procédés de leur fabrication. L'invention de nouveaux mécanismes et de savoir-faire technique a permis d'envisager le déroulement des activités liées à l'artisanat textile. Le grand progrès fut à partir du XI^{ème} siècle en Europe l'utilisation du métier horizontal à pédales[93]. Françoise Piponnier souligne que l'innovation la plus importante qui a eu lieu vers le XI^{ème} siècle consiste dans l'évolution du métier à tisser : l'utilisation du métier horizontal à pédales : « *Le grand bouleversement qu'apporte dans les techniques de tissage l'introduction du métier à chaîne horizontale se produit à une époque où l'écrit, encore rare, ne se préoccupe guère de transmettre des informations d'ordre technique ou économique. Les spécialistes s'accordent cependant à dater du XI^{ème} siècle et à situer dans l'ouest du continent européen cette innovation considérée comme la plus importante survenue dans le domaine textile durant le Moyen Âge* »[94]. L'invention du métier à tisser à marche accélère largement la production entrainée par le jeu de pédale. Le choix du tissu – la matière première à tisser est faite selon la demande ce qui permet d'avoir des résultats et des textures différentes. Cela a encouragé par conséquent la spécialisation – chaque tisserand se spécialise dans une matière (lin, soie, coton, cachemire, chanvre…).

Les changements socioculturels et économiques ont toujours marqué l'essor du tissage. A cette époque, le travail textile connait un développement et une amélioration des techniques à la suite du développement du commerce avec les pays lointains. L'amélioration qui suit consiste dans l'arrivée du « *métier à la tire* » probablement d'Orient[95] qui permet de réaliser les dessins et les passages de couleur grâce à des systèmes variés : « *Puis on en arriva au métier à la tire, dont le principe se retrouve aujourd'hui dans les métiers mécaniques.*

Ce métier permet de répéter automatiquement et de façon régulière l'ensemble du motif du tissu (ce qu'on appelle le rapport). Comme il faut lever et abaisser un grand nombre de cordes pour faire jouer les fils de chaîne, ce sont le plus souvent des enfants qui, pendant des siècles, ont accompli ces manœuvres sur les métiers à la tire … »[96].

[93] Claude Fauque et E. Poyet, *Autour du fil* : *L'encyclopédie des arts textiles* (Paris : Éditions Fogtdal, 1990),13.
[94] Françoise Piponnier et Perrine Mane, *Se vêtir au Moyen-Âge* Paris (Paris : Adam Biro, 1995), 23.
[95] Fauque, L'industrie des désirs : une histoire culturelle des étoffes, 36.
[96] Amouroux et Dréan, "TEXTILE".

Les ménages paysans s'adonnaient couramment au filage, voire au tissage parfois exercé dans un cadre corporatif rural. Il s'agit de production artisanale pour l'autoconsommation et pour approvisionner les marchés : un système de corporation des métiers. De ce fait, des places commerciales se développent petit à petit. L'artisanat est apparu quand l'homme a cessé de produire uniquement pour son propre compte et a commencé à produire pour les autres. Auparavant, la production textile était le fait d'artisans organisés en corporations (artisanat). Les artisans travaillaient le textile chacun à sa façon. Le produit artisanal est fait à la main suivant des normes bien définies qui varient d'une époque à une autre et d'une région à une autre. Le textile artisanal peut garder la même forme sur plusieurs siècles. Il peut garder son aspect, il peut rester des siècles sans changer. Le point le plus essentiel est qu'il apporte beaucoup à son usage. Donc on peut conclure dans ce sens que le savoir est transmis horizontalement. Cette habileté manuelle et maitrise technique, combinées à un certain degré de maturation artistique ont influencé d'une manière ou d'une autre toutes sortes d'artefacts tels que l'œuvre textile. L'originalité dont il faut faire preuve pour transformer un modèle ancien ou lancer une idée nouvelle constitue un défi personnel. Deux personnes distinctes ont peu de chance d'avoir les mêmes idées, les mêmes goûts, les mêmes préférences ou les mêmes versions pour un modèle donné. Ces notions-là varient et changent selon l'époque, la civilisation, les lieux, le groupe social… Les utilisations nouvelles de nombreux textiles contribuent également à améliorer la technique d'application du textile à la création de modèles remarquables. Ces éléments techniques ont été l'Amor de création puis la création a permis d'exploiter la technique. Ses qualités esthétiques, son drapé, sa tenue, sa texture, sa couleur, son motif, l'intérêt de sa surface, ou bien sa fonction, la manière dont il s'étirera sur le corps ou dont il pourra être travaillé ? Sera-t-il utilisé pour ses qualités protectrices, contre la pluie ou le froid peut-être ?

Les besoins de l'homme ont augmenté à mesure qu'évoluait la civilisation. Les corporations d'artisans et la spécialisation ont commencé à se répandre. Les corporations ont produit des artisans qui étaient fiers des choses qu'ils mettaient au point et produisaient. Les outils spécialisés et les appareils mécaniques ont été mis au point et construits au fur et à mesure que le besoin s'en fait sentir et que les connaissances le permettaient. Les outils manuels ont contribué de toute évidence aux progrès tant matériels que culturels. Ils ont favorisé la création d'étoffes plus accessibles d'une part. Mais aussi des étoffes qui entretiennent des rapports intimes grâce à l'imagination, de l'esprit inventif et de la

planification soignée. Il en sera toujours ainsi : « *Nous entretenons avec le textile des relations multiples et personnelles, dans des rapports qui confinent souvent à notre intimité. La sensualité du toucher, la jubilation de la vision, le confort ou la chaleur des fibres forment le fond de ces relations, qui se compliquent de considérations culturelles. Les vêtements familiers que l'on porte, les étoffes qui composent notre univers et contribue à le définir, les couleurs, les matières, les motifs que l'on choisit ou que d'autres ont choisi pour nous, élaborent un territoire propre à chacun de nous* »[97]. Le progrès des techniques du travail du textile a été marqué par le passage de la technique d'entrelacement au doigt, vers le développement de systèmes rudimentaires et jusqu'à l'invention de ce qu'on appelle le métier à tisser. L'amélioration et la rénovation de ces derniers a ouvert beaucoup de possibilités pour les créateurs-textile. Le perfectionnement des manières de faire a permis de réaliser un long métrage pour tisser grâce au développement d'un système qui permet d'enrouler l'étoffe au fur et à mesure du tissage et en conséquence de travailler les dessins, les motifs et les couleurs désirés par le tisserand. L'amélioration des métiers à tisser est marquée par les inventions qui ont donné une large place à l'artisanat et aux techniques. D'après William Morris, dans "l'art, idéal Socialiste", les techniques artisanales et un mode de production raisonné participent à une meilleure conception des objets[98].

A ce stade de notre travail, il est intéressant de voir comment les liens entre besoins et évolutions technologiques ont pu aboutir à une symbiose faisant naître d'autres intérêts et d'autres attentes. Le passage de l'artisanal à l'industrialisation a poussé à un regain d'inventivité ce qui a induit une révolution par rapport au maniement du produit de base en premier lieu et à son aboutissement en produit final en second lieu.

Ce qui nous invite à nous demander quels sont les enjeux de la relation créative qu'entretient l'homme avec la machine dans le domaine textile ? L'introduction de la production en masse à la suite du grand bouleversement technique des époques modernes et contemporaines va-t-elle influencer l'industrie – la production textile ?

Quel est son impact sur les nouveaux circuits de distribution ? quel est l'impact des pratiques artisanales dans l'industrie textile ?

[97] *Histoire singulière de l'impression textile*, Musée de l'Impression sur étoffes de Mulhouse (Paris : ÉDISUD, 2000), 3.
[98] William Morris, *L'art, idéal socialiste, l'art et l'artisanat* (Rivages Poche, 2011).

1-4 Progrès scientifique et technique du textile à l'ère de la machine

Les pratiques artistiques, le design et l'esthétique industrielle étaient une sorte de luxe inaccessible pour tout le monde. Ceci crée un contraste car cette invention a été encouragée pour palier à un manque. Pendant l'époque du maniérisme, l'homme était au sommet de sa représentation d'où la naissance d'un art universel. Cela amène à une démocratisation de l'art pour affirmer une autonomie nouvelle.

Avec la révolution industrielle, l'art devient populaire et une possibilité de produire en série s'établit ouvrant de nouvelles perspectives pour le consommateur moderne par rapport aux exigences des modes de vie actuels. À partir du XIX^{ème} siècle, les arts appliqués sont apparus puisqu'on ne parlait que d'art artisanal avant. Le phénomène du design émerge avec la deuxième période du capitalisme, fondée essentiellement sur et par le contrôle et la massification des comportements du consommateur. Cependant, le concept n'est pas du tout récent, car il appartient aux artistes et aux créateurs. Étant une discipline des arts appliqués, le design est né avec le début de l'industrialisation vers 1850[99], à l'origine du système économique en Europe, à la suite de l'évolution ascendante des matériaux, des techniques et des procédés de fabrication : « *Les origines du design remontent en toute hypothèse à la révolution industrielle et à la naissance de la production mécanisée* »[100].

De la mécanisation des techniques qui évolue, alliée au besoin d'une rentabilité, nait une standardisation du produit puisque l'industrialisation est liée à sa rationalisation. Différents secteurs ont subi une mutation tels que le secteur du textile. La créativité textile de ce siècle reflète les nouvelles exigences du progrès ce qui traduit les répercussions des techniques sur les pratiques de la société. L'histoire du design commence réellement avec la révolution industrielle : « *Jusqu'au XIX^{ème} siècle, les objets ont été fabriqués à la main par des artisans* »[101], les habits et tout support textile également. Il s'agit d'un passage de l'artisanal au stade des manufactures industrielles basées sur le développement des outils de production : « *Le passage d'un mode de production artisanal (voir artisanat) à un autre, industriel, signifie une fragmentation de l'expérience, une atomisation du rapport*

[99] Etienne Fichaux, "Le design comme dispositif communicationnel entre l'art et l'industrie." (Thèse en science de l'information et de la communication, Art et histoire de l'art, Université Rennes 2, 2012), NNT : 2012REN20001, accessible sur le lien : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00663323/document, consulté le : 24 Mai 2017.
[100] Peter et Charlotte Fiell, *Design de XX^{ème} siècle* (Paris : TASCHEN, 2011), 6.
[101] Claire, Fayolle, *C'est quoi le design* (Paris : Autrement Jeunesse, 2008), 4.

utilisateur/ objet qui ne s'inscrit plus désormais dans une cohérence narrative et linéaire mais au contraire dans une structure discontinue, disloquant le rapport aux objets sous la forme de petits moments régis par le diktat de l'innovation. Le désenchantement de l'objet renvoie aussi au processus de "dépersonnalisation" du rapport à celui-ci. Comment en effet établir un contact personnel avec un objet dupliqué à l'infini ? Le drame de l'homme moderne, c'est peut-être ainsi la perte d'aura de l'objet…La production en série, en standardisant l'unique, annule la distance à l'objet et fait disparaître le caractère intrinsèquement étrange de l'œuvre artistique ou artisanale. L'unicité et la durée sont remplacées par la fugacité et la répétitivité. L'objet n'existant que dans un rapport de signification avec l'usager doit nécessairement être investi de valeurs qui dépassent sa seule fonction. Le rôle du designer est alors de "réenchanter" la vie quotidienne en redonnant du sens, c'est-à-dire un projet aux objets de notre environnement. Ce projet technique, social et culturel est le fondement même du design »[102].

Depuis, on commence à accomplir de nouvelles percées en matière de créativité et ceci afin de répondre aux nouveaux besoins de l'homme en tenant compte toujours des dimensions spatio-temporelles. La réponse aux attentes de l'homme moderne se traduit alors par la conception et la production en série de produits qui répondent à un besoin précis de l'homme au dépit des réalisations artisanales. A cette époque, nous ne parlons plus de création artisanale de pièce unique qui nécessite beaucoup de temps et beaucoup d'habileté manuelle et de rigueur de la part de l'artisan (tisseur, fileur, couturier…) mais de produits démocratisés de grande consommation. La démarche d'innovation économique intègre la notion de la créativité afin de l'exploiter comme moteur d'innovation.

Discuter l'impact de la mécanisation des procédés de fabrication du tissu sur le développement économique, socio-culturel et esthétique du textile et de la mode à la suite de l'industrialisation du secteur textile, invite à vérifier et à étudier les nouveaux enjeux de la relation (créative ou pas) qu'entretient l'homme avec sa machine à l'aube de l'ère industrielle.

Artiste → concepteur → designer
Idée → conception → action industrielle

[102] Valérie Guillaume, Benoît Hellbrunn et Olivier Peyricot, *L'ABCdaire du design* (Paris : Flammarion, 1997), 7-9.

Au cours de la présente partie, j'ai choisi d'exposer la période qui suit la révolution industrielle en la ponctuant par les évènements qui se sont avérés, à leur tour, responsables des changements systématiques de la production du textile. Afin de présenter ce passage de la manière la plus claire que possible, une partie introductive se chargera de décrire la révolution industrielle et ses répercussions sur la société, l'économie de production et le développement technique : « *La révolution industrielle est l'un des évènements les plus importants de la civilisation moderne. En effet, ce moment charnière de l'histoire a considérablement fait changer la société : transformation des techniques, transformations sociales et économiques. Depuis la révolution industrielle, plusieurs aspects se sont radicalement modifiés : les modes de production, la définition du travail, les moyens de transport et l'organisation de la société et de l'économie* »[103]. Tous ces aspects ont d'une manière ou d'une autre influencé le processus de production et de distribution du secteur textile qui a vécu une mutation conséquente. Au début de l'ère industrielle, c'est-à-dire au XVIII^{ème} siècle, résultat du progrès scientifique et industriel il y a eu une course au progrès entre La France, L'Allemagne et l'Angleterre : « *À partir du XIX^{ème} siècle, l'industrie textile européenne fourmille d'innovations qu'elle partage avec de nouveaux domaines issus des sciences modernes dont les protagonistes se trouvent dans un premier temps en Europe, puis en Amérique du Nord* »[104].

La naissance de la révolution industrielle en Angleterre -1830- a engendré au XIX^{ème} et au XX^{ème} siècle le phénomène de la machine qui va pousser l'homme à exécuter et à produire davantage. L'apparition de la machine à vapeur, l'ancêtre des machines inventée par l'anglais James Walt, a augmenté la force des appareils – a ajouté de la force pour occuper la place de l'homme. L'innovation réside dans le fait de transformer l'énergie de la vapeur en mouvement et de le maîtriser pour accomplir plusieurs tâches. Ce mouvement-là était à la naissance de la machine puis des évolutions se sont établies pour le rendre un mouvement rotatif : le mouvement du moteur composé. L'homme possède une force qui lui est spécifique : C'est l'improvisation. Pendant ce temps-là l'homme avance dans la fabrication des textiles. La machine va fournir beaucoup de moyens et de possibilités de production. Tout l'effort va être utilisé pour essayer de minimiser l'effort, réduire les procédés, rendre les tâches plus faciles. De ce fait de nombreuses recherches consécutives se sont opérées pour essayer de

[103] "L'industrialisation et ses conséquences.", *Alloprof,* accessible sur le lien : http://www.alloprof.qc.ca/bv/pages/h1078.aspx, consulté le 10 Février 2018.
[104] Bost et Crosetto, *Textile, innovation et matière actives*, 11.

rendre les machines plus rapides et plus efficaces. Essayer de réduire certaines manipulations et de les rendre beaucoup plus performantes. Jouer la carte de la performance : performer et miniaturiser les machines.

Quelles sont les inventions et les innovations de l'industrie textile de la première révolution industrielle ? Quelles sont les répercussions sur le processus de la production textile du point de vue social, économique, culturel et politique ?

En Europe, la production textile fut la première à s'industrialiser : « *Depuis que l'homme commença à utiliser les fibres pour les tisser jusqu'à nos jours, il y a eu une grande évolution des techniques. Le tissage qui était à la base un travail manuel, long et délicat, c'est avec le temps industrialisé* »[105]. Il y a eu des innovations mécaniques sur certains procédés tels que le filage, le tissage et l'impression. Prenons l'exemple de Joseph Marie Jacquard qui a, pendant le début du XIX^{ème} siècle (1752-1834), transformé définitivement le métier à tisser en inventant la machine à tisser semi-automatique avec le système de carte perforées. Cette machine ne sollicite qu'un seul ouvrier contrairement aux machines traditionnelles qui nécessitent le travail de quatre ou cinq tireurs. Cette autonomie est possible grâce à un procédé de programmation des cartes perforées qui permettent d'automatiser le travail. Considérée comme l'ancêtre de l'ordinateur avec son système binaire, cette méthode permet de faire plus rapidement des dessins avec des motifs plus complexes sur les tissus : « *Le dessin Jacquard permit les dessins d'armure avec l'aide de cartons perforés dirigeant automatiquement la levée des fils de chaîne, supprimant ainsi le difficile labeur des « tireurs de lacs ». Ce ne fut pas sans révolte que les canuts accueillirent cette révolution qui diminuait le nombre d'ouvriers tout en multipliant les possibilités de production* »[106]. Cette découverte a permis de produire des tissus de plus en plus remarquables, singuliers et recherchés du point de vue des dimensions esthétiques, sociales, fonctionnelles et tout ceci en un moins de temps.

Seuls les hommes qui y trouvent leur intérêt ont accepté la machine car elle a créé plusieurs maux (problèmes de santé, problèmes écologiques dus à la pollution, problèmes sociétaux : chômage, aliénation, concurrence, exploitation…). La mécanisation du processus de

[105] "Industrie textile mondiale et en France, histoire, origine, définition", *Princesse Foulard*, accessible sur le lien : http://www.princessefoulard.com/blog/histoire/histoire-industrie-textile/, consulté le : 24 Février 2018.
[106] Fauque, *L'industrie des désirs : une histoire culturelle des étoffes*, 37.

production est un vrai problème pour les ouvriers qui risquent le chômage. Les manufactures et les ateliers qui avaient besoin de la main d'œuvre se transforment en usines ou les machines assurent le processus de production afin d'augmenter le rendement : « *Malheureusement, cette invention a été mal perçue par la classe ouvrière qui vit dans l'invention du métier Jacquard un mauvais concurrent destiné à les réduire au chômage. Ce fut l'une des causes de la révolte des canuts. Il faut aussi souligner que les canuts revendiquaient surtout un salaire fixe et de meilleures conditions de travail dans ce nouvel ordre social où régnait la révolution industrielle* »[107]. L'ouvrier croyait qu'il avait à lui seul le rôle de superviser la machine capable de faire tout le travail à sa place. Il s'en trouve presque évincer par l'arrivée du tissage Jacquard qui a facilité les opérations et a ouvert la porte pour d'autres métiers qui n'étaient pas encore existants : « *le dessinateur, le liseur (qui indique le nombre de fil qu'on doit prendre ou laisser pour la fabrication de l'étoffe), le lanceur (pour faire les motifs) le piqueur de cartons (qui perforait les cartes), pour ne citer que ceux-là. L'invention du métier Jacquard a aussi permis de faire des portraits tissés tout en révolutionnant l'histoire du fil dans la fabrication du tissu* »[108]. Cette invention a bouleversé et changé définitivement le processus ancestral du tissage qui a vite absorbé la transformation de ses applications diverses.

De ce processus évolutif naîtront certainement des répercussions :

Cette nouvelle dynamique de production va-t-elle influencer / modifier d'une manière ou d'une autre le processus créatif, l'apport créatif ? Quel est le nouveau rapport (direct, intime) entre l'ouvrier et son nouvel outil de travail ?

L'industrialisation est l'un des aspects les plus importants de la production capitaliste avancée qui se manifeste par la généralisation de la mécanisation et la forte augmentation du travail dans les usines. Les produits textiles sont réalisés à l'aide d'une machine qui est toujours plus précise que la main de l'homme. En effet, elle réduit l'effort et le d'exécution : « *Avec la révolution industrielle (XIX^{ème} siècle), les machines ont remplacé peu à peu la main de l'homme. […] Dans les usines d'aujourd'hui, l'homme est surtout présent pour contrôler le travail des machines* »[109].

[107] Raimbaud, "Le fil et son histoire", *Japse Couture.*
[108] Ibid.
[109] Fayolle, *C'est quoi le design*, 20.

A cette époque, une nouvelle dynamique de production – nouveau mode de production est apparue : l'usine qui vient remplacer la manufacture et le travail artisanal et familial : « *Au XIX*ème *siècle, une invention nouvelle se fait jour, conjointement et consécutivement au développement de la machine à vapeur : l'usine* »[110], d'où l'apparition vers le milieu du XIXème siècle, des grandes usines de tissage, de filature et de peignage mécanique. Jacques Neyrinck[111] souligne à ce propos que la machine à vapeur impose son rythme aux travailleurs dans le domaine textile. L'industrie, devenue un passage obligatoire est une force qui a fait peur aux ouvriers car c'est la machine qui produit à 100% et il ne reste à l'homme que le rôle de surveiller[112] et superviser le dispositif : « *L'usine textile du XIX*ème *siècle est organisé autour d'une seule machine à vapeur dont le mouvement est transmis à tous les ateliers par un jeu d'arbres, de poulies et de courroies. Une fois que la machine est mise en mouvement, il faut que chaque ouvrier s'accorde à son rythme et devienne en quelques sorte un organe semi-intelligent de cet immense mécanisme, fait à la fois d'acier et de chair, de vapeur et de transpiration. Selon la formule consacrée, de cette usine la matière sortait ennoblie et l'homme dégradé* »[113]. L'ouvrier va se rendre compte qu'il est une force productive étant donné sa nouvelle relation directe avec la machine qui vient remplacer la relation du tisserand- artisan au métier à tisser. Comme le souligne Sophie Fétro dans son article : « *Le développement de ce nouvel ensemble technique incorpore littéralement l'ouvrier à son outil de travail. Il se constitue alors une première forme de relation à la machine, quasiment charnelle et organique, accentuant comme jamais la relation de l'artisan-tisseur à son métier à tisser. Cette proximité paradoxale car en faisant corps avec la machine l'ouvrier s'assure une relation directe à ce qu'il fait en même temps qu'il se soumet à sa logique et à sa cadence ; ne tardera pas à être mise en cause par un processus progressif de mécanisation et d'automatisation de la manufacture. La conséquence de cette évolution fut la disparition plus au moins rapide de l'être humain des ateliers. Tandis que la machine libère l'être humain des tâches laborieuses, elle l'exclut du processus productif, conduisant à affaiblir sa capacité d'action. Or cette logique non seulement atteint la dimension sociale du travail, mais aussi réduit la part créative de l'ouvrier, son implication, ses inventions et ses trouvailles »*[114].

[110] Sophie Fétro, "Œuvrer avec les machines numériques", article apparu dans la revue Back Office, accessible sur le lien : http://www.revue-backoffice.com/numeros/01-faire-avec/sophie-fetro-oeuvrer-machines-numeriques, consulté le 29 Mars 2018.
[111] Jacques Neyrinck : écrivain, professeur à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne et homme politique Suisse.
[112] Ce rôle de surveillant est mentionné par le philosophe Gilbert Simondon, lorsque ce dernier évoque la relation à la machine à l'égard de la notion de progrès, rapport qui change avec le remplacement des forces humaines et animales par les machines et "la naissance des individus techniques complets"
[113] Jacques Neyrink, *Le huitième jour de la création, introduction à l'anthropologie* (Lausanne : Presses Polytechniques Romandes, 1986), 173.
[114] Sophie Fétro, *Œuvrer avec les machines numériques* : article apparu dans la revue Back Office.

Cette révolution a causé beaucoup de transformation et un renouvellement du secteur textile à la suite des avancées techniques et scientifiques manifestes pendant cette époque. Elle va appliquer ce que le concepteur va lui programmer : mécanisation et automatisation (force, rapidité, précision). La machine exécute les tâches les plus dures c'est un phénomène récent : la fabrication mécanique : « *Contrairement à la « grande industrie » (Karl Marx), l'ouvrier n'est pas interchangeable ; la machine nécessite son intervention autrement que sous l'angle du mécanicien, elle implique le sens et le goût de celui qui l'active* »[115]. Le rôle de l'homme ne se limite plus seulement à l'exécution (pratique à la main). Il s'accorde un nouveau rôle : celui de concevoir puisque la machine va de plus en plus supplanter l'opérateur.

À présent, les objets sont conçus par des ingénieurs et non plus des artisans, c'est pour cela que ces choses manquent de goût artistique, mais des choses fiables et très claires car le créateur était ingénieur et non artiste. L'esthétique des ingénieurs est une esthétique industrielle, une esthétique d'utilité car elle est scientifique. Il s'agit de penser la façon de travailler et de concevoir le tissu et non pas seulement sa réalisation par la machine. L'industrialisation des produits textiles a influencé d'une manière ou d'une autre le processus de production : « *Progrès technique et industrialisation ont répondu au cours des siècles d'une part à la nécessité d'une meilleure production et d'autres part à la satisfaction d'un nombre de plus en plus croissant d'utilisateurs* »[116].

Cette explosion de production en masse a influencé le mode de vie des consommateurs et également leur relation quant au marché du textile et de l'habit / prêt-à-porter.

Étudions donc d'abord les différents impacts de la production en masse et les influences des nouveaux circuits de distribution sur le domaine de l'industrie textile ?

À partir de l'industrialisation, la machine est intervenue pour donner des solutions à la demande de plus en plus accrue. Les produits sont devenus à la portée de tout le monde au niveau de la disponibilité et du coût. Aujourd'hui, les objets se produisent en série dans des usines et leur forme varie d'un exemple à un autre. Ce bouleversement eut lieu à la suite de l'avènement de la société bourgeoise et consommatrice du XIX^{ème} siècle : « *La multiplication de matières, d'armures (combinaison de fil pour former un motif) et le développement, dans*

[115]Sophie Fétro, *Œuvrer avec les machines numériques* : article apparu dans la revue Back Office.
[116] Fauque, *L'industrie des désirs : une histoire culturelle des étoffes*, 33.

les années 1920, d'une nouvelle classe bourgeoise font accroître la demande de produits sophistiqués dont la fonction décorative est essentielle »[117]. L'invention de la machine à coudre (1829) a rendu possible la production de masse des tenues masculines et les uniformes militaires ont été les premiers vêtements produits de cette manière.

Le XIX^{ème} siècle est marqué par l'instabilité politique et la stabilité technique et économique. Les inventions de ce siècle sont : la machine à vapeur, le moteur à explosion. C'est un grand pas, un développement qui mène à une réussite technique très importante. Le moteur électrique, l'électricité, le téléphone. La science va de plus en plus se développer. On a une machine de plus en plus performante. Le revers de la médaille est qu'on ne parle plus que du profit sauvage et du gain. C'est une période d'effervescence économique. Le XIX^{ème} siècle : révolution mécanique et le XX^{ème} siècle : révolution technique. Cette instabilité du profit va créer des problèmes, tels que l'exploitation de l'homme sans règles strictes : mode de production capitaliste[118]. Les capitalistes, ce sont une catégorie de personnes qui possèdent une somme d'argent et qui l'investissent pour en avoir davantage : gonflement.

Les problèmes sociaux sont : la pauvreté, l'exode, la transformation des mentalités, les conditions sanitaires, l'hygiène, l'exploitation, les maladies contagieuses, la saleté… La misère était plus visible en Angleterre car il n'y avait pas de conditions favorables à une vie saine. C'étaient des cités industrielles qui n'ont pour but que d'y entasser des usines où s'entassent machines et mains d'œuvre. L'usine sera le centre névralgique de la cité. Elle en sera, en quelque sorte le temple. Or, il est notable que cette évolution ne bénéficiera pas à tous d'une manière équitable. Au contraire, ce sont les nantis et les capitalistes qui vont le plus en bénéficier. D'où l'émergence de la pensée de certains philosophes qui vont s'insurger contre cette transformation qui d'apparence semble être une évolution mais qui, après coup, s'avère avoir des répercussions néfastes sur le tissu social. L'aliénation des ouvriers et leur rôle qui se résume à répéter à longueur de journée le même mouvement, aboutit à la « chosification » de l'homme. (L'usine va jouer le rôle du temple de la citée. La révolution industrielle n'était pas faite en réalité pour le profit de tout le monde mais elle est distinguée pour des élites. L'homme n'a rien gagné par ce progrès. Il commence alors à se demander pourquoi on ne revient pas à vivre comme avant ? Dans cette foule il y a un penseur Anglais

[117] Bost et Crosetto, *Textile innovation et matière actives*, 13.
[118] Karl Marx, *Contribution à la critique de l'économie politique* (Paris : Les éditions sociales, 1859).

qui s'appelle Augustus Pugin et aussi d'autres penseurs comme Engel et Marx, chacun d'eux ayant une idée propre à lui.)

L'apparition des syndicats aidera certainement à faire évoluer la condition des travailleurs. Or, ils ne cesseront de trouver des compromis avec les politiciens et les arrangements aboutissent toujours en faveur de l'employeur aux dépens de l'employé. Le socialisme appellera au partage, tandis que les bourgeois s'y opposeront. Ce n'est qu'à partir de l'ingérence de l'État que ce libéralisme sauvage se tassera peu à peu. La lutte des classes naît à partir du XIX^{ème} siècle et se perpétue jusqu'à nos jours. Faudrait-il pour autant n'y voir que l'impact négatif sur le tissu social où devrions-nous donner une certaine part d'objectivité à cette mue de la société ? La sublimation de toute cette énergie mise sous tutelle n'est-elle pas cause de création et de créativité ? L'industrialisation du textile ne va-t-elle pas créer un champ propice à l'innovation individuelle ?

En plus il y a des syndicats qui vont stopper le travail des mineurs, des enfants et diminuer les heures pour les ouvriers. Les syndicats cherchent toujours les compromis et non pas les solutions radicales. L'avis des penseurs politiques : le mieux c'est de trouver un arrangement. Pourquoi on ne partage pas le profit ? Partager tout ? Au XIX^{ème} siècle la pensée politique était basée sur le partage : le socialisme. En revanche l'avis des bourgeois était autre que celui du système politique. Si tu peux, fonde une usine tout seul, sinon il faut que tu travailles chez l'autre. Au XIX^{ème} siècle la pensée des bourgeois était basée sur le libéralisme Américain. Cependant l'État aussi avait un avis, il gère un peu le libéralisme, c'est un état gérant. Pour conclure chacun essaye de trouver la pensée qui l'arrange. Le prolétariat veut un système de partage, Les capitalistes veulent le libéralisme. Il y a une lutte des classes, idée fondée par Karl Marx, qui prévoit que le socialisme est l'avenir des ouvriers.

Quel est l'impact de l'industrialisation du textile sur le processus créatif ?

Inter Conclusion

Si le chapitre en cours a relaté, dans la brièveté possible, les moments cruciaux dans l'histoire de la double évolution de l'humain et du textile c'est, surtout, parce que les pratiques du textile ont permis l'invention du comportement vestimentaire. Dire que la création continue de l'habit a toujours collé à l'évolution du corps humain, c'est mettre en valeur le rapport intime de la peau, l'organe le plus important dans la vie du règne animal-voire humain, au tissage. Il nous a paru que l'évolution du textile et celle de la peau est une évolution structurellement dialectique. Tout élément évolue en fonction de l'évolution l'autre.

C'est à partir de ce constat historico-scientifique, entre autres, que mon sujet a été mis en place. La spécificité de celui-ci a été conditionnée par l'interrogation de l'Histoire, afin de toucher à l'évolution du rapport du textile à la technique d'une part, et pour définir la relation de l'humain à la matière textile dans ses rapports à l'évolution de ses fonctionnalités et de ses aspects socioculturels et économiques d'autre part.

« La logique du vivant » aussi bien que l'histoire de sa facette humaine, nous informe que la volonté de créer chez l'humain n'est que la synthèse du conditionnement de la ligne de l'évolution qui a mené l'être humain à « penser avec les mains », et ce, surtout, au lendemain de la Découverte-Invention du Feu et les implications de ce dernier sur le développement du cerveau grâce à la facilité de la digestion de la viande cuite.

Ce qu'on peut appeler « les réflexes des réponses créatrices et de l'instinct du designer » émanent d'un caractère inné chez les primitifs. Ayant pu inventer des outils / instruments qui les ont aidés à agir sur la matière « première » dans le but d'élaborer des manières et des façons de façonner des sortes de tenues comportant les premières traces de la couture. C'est une question qui nous aide à faire une déduction liminaire : Le souci de la liberté du corps n'est pas récent, bien au contraire, il est ancré dans les origines de l'Évolution.

C'est à partir de ces prémisses que j'ai trouvé nécessaire, du point de vue du déroulement problématique du chapitre en cours, de m'attarder sur la décomposition de l'idée du changement qualitatif qu'a effectué l'humanité au cours de son passage à un mode de vie généré par : l'invention de l'agriculture et la domestication des animaux ; deux moments

cruciaux qui ont eu lieu à l'avènement du Commerce. Le commerce de tous les produits, le tissu y compris.

Des anciennes activités du filage au fil, et du fil vers le tissage pour aboutir au tissu suite à une longue et complexe démarche, l'humain n'a jamais cessé d'améliorer les outils et les techniques. C'est en osmose avec ce type d'activités que naissaient, dans une dynamique à la fois active et réactive, les conceptions des produits qui ont mené à la naissance du Design à l'ère de la société industrielle.

C'est dans ce cadre historico-technique et économique que la création textile, dans le sens global des termes, s'est installée.

Le prochain chapitre aura pour tâche la mise en ordre des rapports entre les effets de l'industrialisation sur les processus créatifs d'une part, et les rapports interactifs entre les démarches créatrices et la naissance des théories de la création en général et de la philosophie de la création au XX^{ème} siècle en particulier d'autre part. Certes, l'impact de la dynamique susdite sur l'évolution du design en général et celle du design textile en particulier sera traité dans la perspective de la problématique de mon sujet et de son développement. Ceci sera démontré à partir du développement des éléments et des sous éléments du prochain chapitre en question. Par ailleurs, le second chapitre, qui aura pour titre « La création textile », traitera des éléments suivants :

1- Le sens moderne de la création.

1- Le corps moderne comme matériau de création.

2- Création, Textiles Techniques et nouvelles fonctionnalités

Chapitre 2 : La création textile

La création textile n'a pas un point de départ précis et commun dans l'histoire mais elle a évolué dans le temps avec les pratiques techniques de l'homme. Il y a eu naissance d'un certain art ou science de la conception du vêtement à une certaine époque compte tenu de la profusion et de la distribution massive des vêtements et puis la capacité à les standardiser. Un nouveau régime de la création du vêtement s'est développé. Pour autant, au préalable il y avait une tendance à la création plus vernaculaire et plus localiste.

Le deuxième chapitre souligne les enjeux soulevés par cette mécanisation sur le plan des modèles économiques et sociaux ainsi que les répercussions de ces nouveaux modèles sur les pratiques du métier de design.

La relation singulière de l'homme aux textiles a été travaillée, aménagée, réquisitionnée ; elle a été controversée selon les cultures, les approches, les lieux de production et les types de production. Il s'agit dans cette partie de mettre en évidence des relations singulières ou humainement particulières aux vêtements. Des changements s'opèrent sur le procédé de création à travers le temps changeant les propriétés formelles et plastiques des tissus (confection, broderie, teinture, impression). Cette partie décrit les processus modernes de création qui ont été établies pendant la période post-révolution. Ensuite, une deuxième partie est consacrée à l'étude du rapport entre le corps et l'habit à travers les codes socio-culturels : le corps moderne comme matériaux de création. Enfin une troisième partie discute les nouvelles fibres et traitements issus de l'apogée scientifique de l'industrie chimique et de leur emploi dans la création de textiles et de vêtements techniques et fonctionnels à travers l'analyse de quelques exemples de projets.

Ceci nous amène à nous interroger sur l'impact du développement des outils et des techniques de fabrication du textile sur le développement de la matière et sur l'accroissement de la création textile ?

Mais également sur le rapport de l'homme/ du corps à la substance textile pendant l'époque moderne et comment le corps interagit-il avec son habit et quels sont les résultats de cette interaction ?

Quels sont les champs d'application des textiles techniques et fonctionnels et quelles sont les éventuelles interprétations ? Quelle est la manière avec laquelle cette industrie nouvelle a instauré la part créative ? Comment cette création a-t-elle pris place ? Comment s'est-elle développée et quelle importance a-t-elle occupé ?

2-1 Le sens moderne de la création

Je tiens à souligner, avant d'entamer cette partie, qu'afin d'expliquer un phénomène se rapportant à l'histoire du textile, il est impératif de le lier à son contexte. Ce qui explique l'intérêt que je porte au sens moderne de la création – au design industriel, ainsi qu'à son historique, afin d'éclaircir des points, qui semblent être en corrélation avec le système de la mode.

D'après le philosophe Français spécialisé en Esthétique Étienne SOURIAU, « *L'art est avant tout la fabrication de certaines choses* »[119]. Cette fabrication exige des dons ou un apprentissage qui témoigne d'un savoir des formes. L'histoire des mots « art » et « technique » témoigne de leur proximité. Art vient du mot Latin « *ars* » et exprime en Français l'activité de création et de recherche de beauté. Technique vient du grec « *techné* » et désigne l'activité de production d'objet utile. De ce fait, les deux mots désignent l'exercice d'un métier de production et les connaissances qu'il suppose. Art et technique ont été depuis toujours unis l'un à l'autre, les artistes ont eu recours constamment à des instruments techniques pour faire enrichir leur imagination créative : « *L'art, pour beaucoup d'entre nous, c'est avant tout la peinture, ou la sculpture, des œuvres qui traduisent une vision personnelle du monde : celle de chaque artiste. L'art, c'est de la création pure, sans autre but que l'expression d'un regard. Mais le design qui façonne notre environnement quotidien, s'il n'est pas art, est aussi un métier de création. Une création appliquée à "l'utile"* »[120]. L'industrie technique, autant que l'art, fabrique des choses mais chacun dans son sens, d'où l'appellation arts majeurs et arts mineurs. De ce fait, Art et Industrie ont le même objectif : Ils travaillent à former le matériel objectif de la vie sociale. Art et technique peuvent être intimement liés : l'invention d'un art industriel. Dans ce sens, on peut dire que la création textile et vestimentaire a été depuis toujours potentiellement porteuse de dimension artistique. Le concept de la création voit une nouvelle dynamique s'instaurer à la suite des changements

[119] Étienne Souriau, *La correspondance des Arts : Éléments d'esthétique comparée* (Paris : FLAMMARION, 1969).
[120] Fayolle, *C'est quoi le design*, 20.

fondamentaux liés à la révolution industrielle. Walter Gropius était convaincu que la révolution industrielle du XIX^{ème} siècle est arrivé au point de non-retour et qu'il faut agir afin d'éliminer les inconvénients de la machine, tout en profitant de ses avantages. De ce fait, Gropius fonde l'école du Bauhaus en 1919 à Weimer : la fusion entre l'école des arts appliquées et l'école des beaux-arts en une seule école interdisciplinaire d'arts appliqués et décoratifs. Il vise à établir une coopération entre les artistes, les artisans, les techniciens - les ingénieurs et les industriels puisque le Bauhaus lie la pratique à la théorie sans séparer l'art de la technique afin de former des créateurs polyvalents. En effet, c'est une nouvelle définition de l'œuvre d'art et la mise en place technique du concept de l'objet esthétique. Les ateliers touchaient à tous les arts appliqués et étaient dirigés par un artiste (spécialiste des formes) et par un artisan (spécialiste des techniques), y compris le premier atelier de production textile : « *L'exemple le plus parfait en fut fourni par l'atelier du tissage, qui fonctionna à l'origine sous la direction du peintre George Muche et de la tisserande Hélène Börner ; le peintre Paul Klee influença également la création textile du Bauhaus. Caractérisées par l'alternance des matières (laine, coton, soie, viscose, chanvre), l'expérimentation de matériaux nouveaux comme la cellophane, et un travail géométrique du décor, jouant sur les oppositions de couleurs ou encore les contrastes entre le noir, le blanc et le gris, les créations textiles du Bauhaus furent spontanément appréciées du public* »[121].

a. L'avènement du concept de la création

Le design comme concept – nouvelle dynamique, réflexion matérielle, pratique est apparu avec la deuxième période du capitalisme, fondée essentiellement sur et par le contrôle et la massification des comportements du consommateur ; cependant la notion abstraite de la création appartenait aux artistes et aux philosophes. Étant une discipline des arts appliqués, le design est né avec le début de l'industrialisation qui était, vers 1850[122], à l'origine du système économique en Europe, à la suite de galopante au niveau des matériaux, des techniques et des procédés de fabrication : « *Les origines du design remontent en toute hypothèse à la révolution industrielle et à la naissance de la production mécanisée* »[123]. De la technique qui

[121] Gunta Stölzl, " Dans l'atelier textile du Bauhaus", Traduction d'un texte de Gunta Stölzl publié dans la revue allemande "Das Werk : Architektur und Kunst en 1968", accessible sur le lien : http://www.articule.net/2019/11/03/gunta-stolzl-dans-latelier-textile-du-bauhaus-1968/, consulté le : 23 Mai 2018.
[122] Etienne Fichaux, "Le design comme dispositif communicationnel entre l'art et l'industrie." (Thèse en Science de l'information et de la communication, Art et histoire de l'art, Université Rennes 2), 2012. NNT : 2012REN20001, accessible sur le lien : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00663323/document, consulté le : 24 Mai 2017.
[123] Fiell, *Design de XX^{ème} siècle*, 6.

évolue, alliée au besoin d'une rentabilité, nait une standardisation du produit puisque l'industrialisation est liée à sa rationalisation. A cette époque, nous ne parlons plus de création de pièce unique ou d'artisanat de produit mais de produits démocratisés et de grande consommation. On s'éloigne de l'artisanat pour se tourner vers un fonctionnalisme industriel avec l'école du Bauhaus qui adopte une conception industrielle du design : « *Avec la conviction que l'application du fonctionnalisme pourra créer un type de société meilleur, les projets du Bauhaus*[124] *adoptent délibérément une esthétique mécaniste et se tournent vers l'industrie* »[125]. Cette démarche d'innovation économique dans le processus de la création intègre la notion de créativité afin de l'exploiter comme moteur de production. La plupart des définitions du Design, que nous pouvons trouver tendent à dire que c'est une discipline qui a pour objectif principal le plaisir - et surtout la question du plaisir esthétique - et le confort de l'usager, à savoir l'Homme. La question du "plaisir esthétique", jadis considérée comme une des catégories fondamentales de l'esthétique fut récupérée par l'école du Bauhaus et intégrée d'une nouvelle manière afin de mettre en place le concept de l'esthétique industrielle. Certes, les deux principaux axes de recherche du design en textile qui est notre cas d'étude sont : le produit textile et l'Homme. Le designer a toujours traité la fonctionnalité, l'ergonomie, les matériaux, l'esthétique, l'idéel, voire même les attentes « psychologiques » de l'usager : un « *[s]avoir-faire artistique et technologique appliqué à la production d'objets fabriqués industriellement* »[126] et en série. Une production industrielle standardisée, au service de l'homme moderne et de ses besoins quotidiens. Le design est « *[d]éfini dans son sens le plus large comme la conception et la réalisation de tous les produits fabriqués par l'homme, le design se veut essentiellement un instrument d'amélioration de la qualité de vie* »[127]. Comme l'estime Michel IDA, le directeur de Minatec Ideas Laboratory : « *L'évolution de la société fait qu'on ne peut plus produire en aveugle. Il faut impliquer le client le plus possible dans la conception* »[128]. Il ne s'agit pas seulement d'anticiper l'image esthétique afin d'obéir aux modes et aux tendances de l'époque car le but du design n'est pas seulement de faire beau et ainsi de susciter l'attirance, mais il est aussi de répondre aux demandes du consommateur et de résoudre ses problèmes. Le design ouvre ainsi de nouvelles perspectives en anticipant parfois sur les tendances de demain, tout en réfléchissant au processus de vente et

[124] Le Bauhaus : considérée comme la plus grande institution de design du XX^{ème} siècle. La démarche fonctionnaliste initiée par le Bauhaus a eu un impact fondamental sur la pratique du design industriel du siècle et posé les fondements philosophiques sont est issu le mouvement moderne. L'expérience du Bauhaus a eu un impact profond et global sur la pédagogie du design.
[125] Peter et Charlotte Fiell, *Design Handbook : Concepts, Matériaux, Styles*, (Cologne : TASCHEN, 2006), 43-44.
[126] Collection Microsoft Encarta 2002. 1993-2001 Microsoft Corporation, « Design Industriel ».
[127] Fiell, *Design de XX^{ème} siècle*, 6.
[128] Cit.in., Magazine L'Usine Nouvelle, n° 3123, 13 Novembre 2008, 22.

d'écoulement d'une idée novatrice. C'est la nouvelle stratégie marketing adoptée par les designers afin de concevoir des produits "révolutionnaires". Nous pouvons constater alors que le processus d'innovation économique est frappant lors de la création d'une nouvelle mode ou d'un nouveau produit. Nous désignons ici par l'expression ''innovation économique'' une « *idée novatrice de mode* »[129].

La conception et l'ensemble du design vestimentaire est une attitude adoptée afin de réfléchir et travailler d'une part les qualités fonctionnelles de l'habit (le matériau, la manière avec laquelle il est travaillé, son rapport à la silhouette de son porteur, l'ergonomie, l'usage, etc.) : « *La relation du styliste de mode avec le tissu est au cœur du processus créatif. Le choix de l'étoffe contribue à la qualité du modèle, ainsi qu'à son succès. Plus le styliste connaît son matériau, plus la symbiose se fait entre l'étoffe et le vêtement* »[130] et d'autre part les qualités esthétiques du textile (formes, couleurs, textures, motifs, … ainsi que l'image qu'il reflète).

La notion de la conception des produits existe depuis fort longtemps, mais une nouvelle dynamique s'établit au moins depuis l'avènement de la société industrielle du XIX^{ème} siècle. Au début des années 70, les chercheurs s'intéressent à l'étude de l'attitude des artistes durant leur travail. Ils pensent que comprendre objectivement la manière avec laquelle les artistes conçoivent leurs œuvres aide certainement à développer les meilleures procédures de la conception. Ils se basent alors sur des méthodes inspirées de la psychologie et de la performance cognitive humaine. Les démarches adoptées restent influencées par les approches théoriques antérieures. L'on veut toujours transposer les méthodes de recherche scientifique au processus de conception allant jusqu'à organiser des expériences se déroulant en laboratoire. Le concepteur se trouve mis dans une situation artificielle éloignée de la réalité. L'accent est mis sur la phase de création en ne s'intéressant qu'au seul concepteur. C'est un processus qui ne se limite pas uniquement à une mise en forme des apparences, mais il s'agit d'imaginer le produit ou le service qui créera la différence sur le marché de la concurrence et qui répondra au profil du consommateur. Le processus de création est basé sur cinq étapes : l'idée novatrice, l'adoption par petit groupe, le transfert en cercle concentrique, la diffusion et la transformation et enfin la généralisation[131]. Or les étapes de création des

[129] Dominique Waquet et Marion Laporte, *La Mode* (Paris : Presses Universitaires de France, 2010), 17.
[130] Hallett et Johnston, *Mode : guide des textiles : les fibres naturelles*, 8.
[131] Ibid., 9.

produits doivent présenter simultanément un univers conceptuel qui permettra de proposer une gamme de formes, couleurs, textures, finitions, détails et d'allure, sans oublier de donner une grande importance à la conception du service qu'offrira le produit à son usager : « *De manière simpliste, on pourrait considérer le secteur textile comme le simple fournisseur en matières premières de l'industrie de la mode. Mais en réalité, ces deux secteurs économiques sont inextricablement liés. Les évolutions qui surviennent dans l'industrie textile influent nécessairement sur le secteur de la mode, et vice-versa. En outre, les étoffes contribuent à définir l'identité visuelle d'une marque de vêtement* »[132]. La création se voit ainsi transformée en une théorie de la création[133] en rapport avec la modernité et avec l'évolution des techniques : c'est ce qui caractérise la démarche du design contemporain.

Face à l'influence de l'industrialisation et de la productivité en masse pouvons-nous nous demander si la créativité dans la mode serait-elle alors la seule réponse à l'uniformité et à la globalisation ?

b. La mode comme moteur de création

En raison de la complexité de son approche pluridisciplinaire évoquons, tout d'abord, certaines définitions de la mode, pour ensuite évoquer sa richesse symbolique à la recherche de la compréhension de ses multiples facettes. Le Dictionnaire de la langue Philosophique définit le terme « mode » comme étant : « *[l]a façon essentiellement changeante et passagère de se comporter et surtout de s'habiller* »[134]. Dans un contexte antérieur, en 1782, le mot mode désignait dans la langue française : « *le changement dans les détails du vêtement réservé à l'élite* »[135]. La mode n'était, en ces temps, qu'une manière de copier les habitudes de l'aristocratie (la manière d'être, de vivre et d'agir). C'est avec la bourgeoisie ascendante que « *la mode commence l'instrumentalisation du luxe par la bourgeoisie pour affirmer sa montée en puissance face à l'aristocratie* »[136]. Ensuite, la mode devient : « *[c]e qui est considéré par les leaders comme le mieux* »[137]. D'où l'apparition au XVI^{ème} siècle de l'expression : « *être à la mode* », avant de se populariser pour devenir une notion de masse.

[132] Hallett et Johnston, *Mode : guide des textiles : les fibres naturelles*, 8.
[133] René Passeron, *Pour une philosophie de la création* (Paris : Klincksieck esthétique, 2000).
[134] Paul Foulque et Raymond Saint-Jean, *Le Dictionnaire de la langue philosophique* (Paris : Presse Universitaire de France, 1969).
[135] Marie José Mondzain, *La Mode : Petite conférence*, (Paris : Bayard, 2009), 12.
[136] Frédéric Godart, *Sociologie de la Mode* (Paris : La Découverte, 2010), 107.
[137] Waquet et Laporte, *La Mode*, 3.

Ainsi nous constatons que la mode n'est pas apparue au XVII^{ème} siècle, mais c'est à ces temps-là qu'elle a commencé à prendre son essor. Dès 1854, Herbert SPENCER a été le premier à percevoir la mode comme relation sociale, tendue entre imitation et différenciation ou distinction. D'après Pierre BOURDIEU, cette distinction est le moteur de l'économie des biens symboliques manifestés à travers le phénomène de la mode[138] : « *Si la mode propose des modèles, c'est qu'elle cherche à provoquer des comportements d'imitation et incite à la soumission. La mode a donc des liens avec le pouvoir* »[139].

Avant d'expliquer le phénomène de la mode, il est impératif de le lier à son contexte. La mode, est une conséquence directe de la révolution industrielle et plus précisément du design industriel[140]. La mode n'est qu'un volet du design industriel instaurés tous les deux pendant la deuxième moitié du dix-neuvième siècle. En effet, il y a eu un passage de l'artisanat textile vers l'industrie textile ; du simple couturier au créateur de mode – producteurs de vêtements. Cette transition a vu le jour avec le tailleur Anglais Charles Fréderic Worth, qui réclamant son statut, a décidé de signer ses toilettes à l'égal de n'importe quel autre plasticien[141]. Ce geste a donné naissance à "la marque" – appelé aussi "griffe". C'est la première trace de la notion de "haute couture" établi sur l'allègement de la mise et l'originalité de la coupe au dépit de la richesse des matériaux. Il a fallu attendre jusqu'au vingtième siècle pour que la donne change et que la notion de costume soit remplacée par celle de mode qui ne cesse de revêtir toutes les formes possibles et imaginables.

Un siècle plus tard, la mode a évolué mais sa définition reste toujours ambigüe, nous laissant nous demander sur ses multiples facettes. La mode n'a cessé de prendre toutes formes possibles et dégage des facettes ambivalentes. F. Baudot cite à ce propos que la mode a réussi « *de force [à associer] deux pôles antagonistes : la volonté de créer et le besoin de produire. Ainsi, le duel qui, depuis la naissance de la civilisation industrielle, oppose l'homme à la machine, trouve avec la mode son meilleur champ clos. Tantôt créateur, tantôt entrepreneur, le couturier s'impose en artiste. Mais si sa production cesse de plaire, lui-même* n'existe

[138] Pierre Bourdieu, "Le marché des biens symboliques", *L'Année Sociologique* (1940/1948), 22, 49–126. http://www.jstor.org/stable/27887912
[139] Mondzain, *La Mode* : *Petite conférence*, 14.
[140] A cette même période (1860), un nouveau mouvement a vu le jour, par un théoricien décorateur dénommé William Morris. Ce mouvement Arts and Crafts, n'est autre que "Arts et Artisanat". Ce mouvement, (…) {il} s'oppose aux méfaits de la révolution industrielle, à ses ravages humains et esthétiques qui excluent la main de l'artisan. Morris prône la renaissance de l'artisanat, l'union de tous les arts et l'arts pour tous. Ce courant a en outre contribué à estomper e fossé existant à l'époque, entre les arts majeurs et les arts mineurs. (Patricia Fride-Carrassat et Isabelle Marcade, *Les mouvements dans la peinture* (Larousse Comprendre Reconnaitre, 2007), 71.
[141] Charlotte Seeling, *La mode : au siècle des créateurs*, *1900-1999* (Cologne : Könemann, 2000), 10.

plus. *D'une vulnérabilité que le temps ne peut qu'accroître, le créateur de mode reste fragile et son œuvre inscrite dans le transitoire. L'industriel, quant à lui, incarne la solidité, la continuité, la rationalisation de vêtements et d'accessoires. Là où le créateur se veut singulier, lui [l'industriel]* pense au pluriel »[142]. Toutefois, ces changements perpétuels de la mode ne sont pas le fruit d'un hasard mais émanent de la réalité d'une société en perpétuel mouvement. Le passage de l'élitisme à la mode de la rue vécu au vingtième siècle a été établi par des changement d'ordre social et culturel.

Auparavant entre 1900 et 1960 la mode est guidée par les normes de la haute couture (le sur-mesure et le fait-main), crée uniquement pour les élites qui pouvaient se permettre ce luxe. Ce qui nous permet de constater que la mode était unique pour cette époque puisque les classes d'en dessous - inférieures ne pouvaient pas la copier et l'imiter. Malgré l'apogée de la haute couture, le peuple n'entendait parler de mode que par ouï-dire. On portait encore le costume qui reflétait le mieux son statut professionnel et social.

Durant la première partie du vingtième siècle, l'habit était un moyen d'identification, de différenciation d'un groupe à un autre : Un langage social, d'où, par exemple, l'adage qui dit : « *l'habit ne fait pas le moine* ».

Ultérieurement, les petites couturières essayent de reproduire, à leur rythme, les modèles diffusés dans les revues de mode à l'aide de leurs machines à coudre. A partir de 1960, il y a eu beaucoup de changements dus aux riches évènements de cette époque tels que l'évolution des mœurs et l'économie libérale. Cela a introduit la notion de classe[143] : division en deux classes sociales d'où un changement dans la notion de mode qui s'opère. Une conséquence directe se manifeste dans l'apparition d'une nouvelle jeunesse qui est poussée à la consommation en masse. L'influence des États-Unis a bouleversé toute hiérarchie propre à la vieille Europe d'où l'apparition du prêt-à-porter qui n'est qu'une traduction intégrale de l'anglais "ready to wear" : « *A l'heure des premières fusées dans l'espace, il était temps*

[142] François Baudot, *Mode du siècle*, (Paris : Éditions ASSOULINE, 1999), 11.
[143] Une classe sociale : revenant au classique de l'économie politique, « pour Karl Marx (1818-1883), les classes sociales sont déterminées en fonction des rapports de production. Dans la société capitaliste, les rapports de production sont définis par la propriété des moyens de production. Ainsi, on distingue la classe des capitalistes, ou bourgeoisie, de la classe ouvrière. La première est propriétaire des moyens de production, alors que la seconde ne possède que sa seule force de travail qu'elle vend à la bourgeoisie. Cette situation « objective » dans les rapports de production définit une « classe en soi ». Mais la prise de conscience d'intérêts communs entre les ouvriers la constitue en « classe pour soi ». Dès lors, elle entre en lutte contre la bourgeoisie afin de mettre fin à son exploitation » : définition tirée de : https://www.annabac.com/annales-bac/les-classes-sociales-chez-marx-et-weber, consulté le 20-05-2018.

qu'entre couture et confection s'élabore, sur le modèle, des États-Unis, un vêtement européen dit "prêt-à-porter" »[144]. Les techniques en pleine expansion ont joué un grand rôle dans la production qualifiée (en grande série). Cette nouvelle dynamique de production a entrainé une disponibilité des choix et plus de liberté dans la réalisation des collections grâce à une nouvelle génération de créateurs appelée stylistes, ce qu'on appelle chez les Américains "designers". La mode ne s'inspire pas que des tendances mais l'artiste Oscar WILDE considère que, la mode est une forme de laideur intolérable qu'il faut changer tous les six mois[145]. C'est ce caractère changeable et incorporel qui incite les créateurs à être toujours à la page par rapport à leur invention. D'où l'apparition du système de collections saisonnières de prêt-à-porter et aussi de la haute couture.

La langue Anglaise emprunte par un aller-et-retour linguistique le mot 'façon' de la langue Française et le transforme en "Fashion" pour dire – indiquer mode[146] ou à la mode, à travers son contenu symbolique, englobe à la fois vêtement et mouvement, ce qui crée un enjeu. La mode paraît ainsi comme un signe distinctif des sociétés, en rapport étroit avec l'apparence qui n'est pas basée uniquement sur le paraître, mais également sur le fait d'émettre et de recevoir des signes : « *La mode est le miroir d'une société. Elle est à la fois un phénomène culturel et une activité économique complexe. Elle reflète les attitudes face à la société, à l'économie, à la sexualité et à la politique d'une époque donnée* »[147]. Au départ, on peut admettre l'approche et l'idée que « la mode est le miroir de la société ». Mais, ensuite, c'est la société qui est devenue le miroir de la mode, dans la mesure où cette dernière, établie sous forme d'un système complexe, façonne la société. Bien sûr, sachant que la société n'est pas un bloc humain figé dans l'espace et dans le temps, mais, au contraire, c'est l'ensemble de structures continuellement dynamiques et entrelacées.

Nous constatons alors que la définition de la mode est ambiguë et peut être comprise de deux façons différentes. Tout d'abord, elle se définit comme étant une conséquence directe de la révolution industrielle : « *l'industrie de l'habillement et du luxe* » menée par des entreprises et des professionnels qui tendent à développer des carrières ou des stratégies. Il s'agit dans ce sens d'une mode de consommation basée sur la thématique de la parure accentuant la

[144] François Baudot, *Mode du siècle*, (Paris : Éditions ASSOULINE, 1999), 16.
[145] Cf. Citation sur la mode, accessible sur le lien : https://www.linternaute.fr/citation/3920/la-mode-est-une-forme-de-laideur-si-intolerable-qu-il--oscar-wilde/, consulté le : 10 Février 2016.
[146] Waquet et Laporte, *La Mode*, 3.
[147] Ibid.

définition de l'identité de son porteur. Ensuite, la mode se définit comme étant : « *[u]n type de changement social spécifique, régulier et non cumulatif et se déployant dans de multiples domaines de la vie sociale au-delà de l'habillement* »[148]. Cette deuxième définition nous amène à évoquer le caractère immatériel de la mode : la mode en tant qu'attitude de toute une société.

D'après CRANE et BOVONE [149], le phénomène de la mode adopte une optique pluridisciplinaire : historique, sociologique et économique méprisée par la communauté scientifique qui la considère comme étant superficielle ou encore comme l'expression d'une manipulation sociale visant à soutenir artificiellement la consommation : « *La mode, dans la triple manifestation de son principe, constitue un phénomène social et psychologique universel dans l'espace et dans le temps* »[150]. Les années 1990 et 2000[151] ont vu l'émergence d'une recherche interdisciplinaire riche et féconde concernant ce thème, conséquence des profonds changements dans les tendances et les styles, d'une part et de l'invention de nouveaux matériaux et techniques d'autre part. Cela a permis aux créateurs d'adopter une nouvelle attitude quant à leurs démarches créatives afin de se distinguer sur le marché de la concurrence.

Aujourd'hui, « *une mode nait, grandit, s'étend et s'éteint* »[152], c'est une accumulation précipitée de mouvements éphémères qui coulent avec le temps. Nous assistons à l'émergence de tendances qui s'expriment via des phénomènes d'influence comme le cas de la mode non industrielle ou des phénomènes de la centralisation de l'industrie habillement : « *Aucun état du monde n'est identique à un autre, précisément parce que le temps s'est écoulé entre ces deux états, et que le regard que porte le vêtement n'est plus le même. La mode, comme le temps, se vit linéairement. Elle ne peut se revivre* »[153].

Cependant, l'histoire a démontré le fait que la mode peut être revécue en subissant des légers changements dans la charte graphique qui suivent l'air du temps, afin d'être en harmonie avec le goût et les exigences de son époque.

[148] Frédéric Godart, S*ociologie de la Mode* (Paris : La Découverte, 2010), 4.
[149] Ibid, 3.
[150] Waquet et Laporte, *La Mode*, 5.
[151] Godart, *Sociologie de la Mode*, 3.
[152] Waquet et Laporte, *La Mode*, 3.
[153] Ibid., 19.

L'histoire de la mode s'est heurtée à des hauts et des bas jusqu'au XX^{ème} siècle pour devenir une démarche de marketing de conception : « *La mode de ce début de siècle subit le même genre de brouillage, parce que la marque (corporate) et le marketing se nourrissent de toutes les formes de création* »[154]. Le vêtement perd ainsi sa fonction d'appartenance sociale ou communautaire pour devenir un moyen d'identification à des modèles de marketing mis en place sur la scène publique. Citons l'exemple du Sari qui est le vêtement traditionnel Indien : celui-ci s'inscrit actuellement dans le créneau de la mode ethnique rien qu'en en changeant quelques détails dans la forme et dans la fonction. Le styliste, en revanche, travaille à donner à la pièce un aspect plus contemporain, en créant parfois en version plus courte ou plus longue en fonction des tendances de l'époque. Mais en fin de compte, le tissu restera toujours un signe d'appartenance sociale. Pourtant, lorsqu'il s'agit des vêtements religieux nommés aussi costumes selon BARTHES, par exemple le costume des femmes voilées, restera un identifiant d'appartenance religieuse.

C'est tout un système[155] où le consommateur est obligé de suivre le courant artistique de la saison pour être toujours à la page avec les tendances actuelles. Et c'est dans une certaine mesure une démarche de marketing qui incite à la consommation : « *Aujourd'hui, cependant, le terme de mode évoque souvent le seul renouvellement de l'offre de vêtement et de textile* »[156]. La conception du vêtement prend en considération la valeur esthétique et la dimension socio-culturelle, économique, politique, suivant les tendances et les goûts de chaque époque : « *d'un côté des formes, des matières, des couleurs, et de l'autre des situations, des occupations, des états, des humeurs ; ou, pour simplifier encore, d'un côté des vêtements et de l'autre le monde* »[157]. Comme le souligne Roland BARTHES, la mode est la combinaison des vêtements et du monde dans lequel ils se portent, ou dans lequel ils se décrivent : « *La mode est en effet un sujet d'observation autant qu'un objet de création* »[158]. Le styliste doit savoir analyser les courants présents, mais doit aussi faire confiance à son instinct professionnel.

En effet, l'industrialisation du vêtement, le développement de la haute couture et plus récemment du prêt-à-porter sont des phénomènes, des formes de conception issues de la

[154] Waquet et Laporte, *La Mode*, 18.
[155] La notion du "systémique" dans la société de consommation
[156] Waquet et Laporte, *La Mode*, 4.
[157] Roland Barthes, *Système de la Mode*, (Paris : Éditions de Seuil,1967), 31.
[158] Waquet et Laporte, *La Mode*, 22.

mondialisation qui ont favorisé la naissance du concept de vêtement universel à la suite de la production en série de produits démocratisés destinés à la société de consommation de masse, vêtement « *[q]ui s'étend à toute la surface de la terre ou à une grande partie et qui concerne la totalité des individus d'une classe* »[159]. Il s'agit de vêtements adoptés par tous et partout dans le monde comme le T-shirt ou le Jean. La mondialisation et la démocratisation du Web notamment, ont réduit le monde en un petit village, ce qui a eu comme conséquence que les modes ont pris leur envol à travers le monde à une vitesse vertigineuse et dans des sens différents. Le consommateur s'est vu endosser le rôle de modèle d'expérimentation de tous les stéréotypes des produits standards présentés sur les marchés : « *Les modes changent vite. De nouvelles collections sortent tous les six mois. Si les collections de la saison ne se vendent pas, elles sont soldées, brûlées ou recyclées* »[160]… ou expédiées dans les pays du Sud et vendues comme fripes sur les marchés populaires.

La confusion entre design et arts décoratifs pose la question d'un nouveau lien entre le processus design et le système-mode dans le champ vestimentaire. Certes, cette attitude provient d'une transmission : *« Les deux décennies qui se sont écoulées ont été marquées par des collaborations croissantes de la mode, le plus souvent réciproques, avec l'art, le design, la gastronomie, le parfum, les cosmétiques, le sport et les styles de vie* »[161]. Nous procédons à étudier les relations entre le système de la mode et le processus design sous deux angles :

- Dans le premier cas, il s'agit d'une conjugaison conjointe entre ces deux processus depuis la naissance de l'idée en tenant compte du côté esthétique, fonctionnel, ergonomique…jusqu'à la mise sur le marché du produit. Un mariage de l'évolutionnisme et la scientificité de l'ingénieur, la créativité du designer et le talent du styliste. La conception, dans ce cas, est d'une part indicatrice en matière de préférence et de goûts ce qui assure le succès de la commercialisation et d'autre part, prescriptrice de tendances esthétiques. A ce propos la marchandise ne se contente plus seulement de sa fonction première qui est l'usage mais elle devient chargée de caractères hédonistes et symboliques indispensables à sa consommation. L'objet sort ainsi de son cadre primitif avec l'acquisition de nouvelles valeurs et l'instauration de nouvelles habitudes.

[159] Robert Paul, Josette Rey-Debove et Alain Rey, *Le Nouveau Petit Robert, dictionnaire alphabétique et analogique de la langue Française*, (*Paris : S.N.L, 2009*).
[160] Udale, *Textile et Mode*, *Les essentiels stylisme*, 37.
[161] Les deux décennies qui se sont écoulées : il s'agit des années 90 – 2000 : Olivier Assouly, *Mode, Transversalités et croisements*, in Ouvrage : Collectif, *Vingt ans de système de Mode* (Paris : IFM, 2008), 191.

- Dans le deuxième cas, il s'agit d'une collaboration entre les deux processus par une rencontre style-apparence des objets. A l'intérieur de ce cadre, le design est considéré comme une grande intervention sur les éléments formels et chromatiques au détriment des enjeux techniques et sociaux. Dans ce cas-ci, la valeur esthétique prime sur la fonctionnalité et l'usage des objets. Le designer donne ainsi une grande importance à l'apparence de l'objet comme critère d'attraction visuelle. Cette préoccupation esthétique résonne avec d'autres phénomènes et fait jaillir en conséquence une charge émotionnelle chez le consommateur.

De nos jours, nous ne nous contentons plus de suivre les tendances esthétiques exigées, conséquence du développement des techniques et des sciences et de leur intégration dans maintes disciplines. Le créateur de textile ou de mode, à son tour, les implique au cœur de son domaine – sa recherche créative. Il établit de nouveaux terrains d'expérimentation pluridisciplinaire tout en essayant d'intégrer le développement technique au centre de ses recherches créatives afin de tenter de nouvelles approches d'expérimentation. Notamment, le consommateur actuel ne se contente plus du côté esthétique et fonctionnel de l'habit et du tissu. Il demande toujours plus, à travers une quête évolutive. Le créateur essaye alors d'aller toujours vers l'avant avec son imagination cherchant de nouvelles fonctions et de nouveaux scénarios d'usage.

Dans notre cas d'étude, le design textile ou le design vestimentaire, est un processus de travail des créateurs textile, des stylistes et des couturiers (maison de haute couture), au sein du secteur de la mode. C'est un nouveau terrain de recherche favorable qui regroupe plusieurs disciplines sociales et scientifiques : « *On trouve des créateurs de textiles indépendants, des créateurs de textiles de mode, des créateurs qui travaillent sur le domaine des prévisions de tendances des créateurs qui repoussent les limites du textile d'avenir* »[162]. Le design vestimentaire devient alors un réel champ d'innovation et de créativité pour les designers qui essayent de joindre l'utile à l'agréable afin de répondre aux nouveaux besoins et aux nouvelles exigences du consommateur moderne. Aujourd'hui les créateurs de mode se présentent comme des alchimistes de la matière et travaillent en collaboration avec les laboratoires de recherche afin de profiter des avancées techniques, scientifiques et technologiques. Cette mutation œuvre à la création de nouveaux usages facilitant le quotidien de la nouvelle société de consommation soumise au changement fluctuant des modes de vie.

[162] Udale, *Textile et Mode*, Les essentiels Stylisme, 122.

En tant qu'objet porteur de charge symbolique et de valeur sociale, le vêtement se transforme à la suite de son entrée dans le système de la mode et dans le processus design en se référant à l'histoire du développement de ces objets et de leur utilisation tout au long des différentes époques vers la quête d'une intégration dans les nouvelles technologies.

Sauf que là où la fonction du vêtement est de couvrir avec style un corps, nous nous retrouvons de nos jours face à la contrainte sociale de la libération de celui-ci. D'où la question de l'impact du corps libéré – de la libération du corps à l'époque moderne sur le processus de création ? Les bouleversements post révolution industrielle ont-ils impacté d'une manière ou d'une autre la notion de corps – les canaux corporels et quelles sont les influences - répercussions sur l'acte de la création ?

2-2 Le corps moderne comme matériau de création

Nous allons examiner – approcher dans cette partie la relation du vêtement et du corps à l'époque moderne afin de comprendre le lien affectif, intime qui frôle la symbiose. L'intention sera de mettre en évidence le rapport entre le corps Européen, essentiellement celui de la femme, et l'habit dans le développement des comportements socio-culturels de l'être humain au moyen du design – de la mode comme paramètre de création, de signification et comme secteur important dans la prise en charge du vêtement. Concernant notre recherche, il s'agit d'aborder la problématique de l'esthétique – de la plasticité du corps dans son rapport à la création textile ou encore plus à la création vestimentaire. Une création qui se marie avec les mouvements naturels du corps en question assurant à l'utilisateur une mobilité constante et une liberté de mouvement et donc de l'esprit.

Quelles ont été les évolutions possibles des codes corporelles (de la femme) ? Comment peut-on approcher le corps de la femme comme objet de perception pendant l'époque moderne ?

Avant de nous attarder sur la notion du corps moderne comme matériaux de création, nous avons jugé important de définir le vêtement. Cet « *[e]nsemble des objets servant à couvrir le corps humain ; habillement, comprenant le linge mais non les chaussures* »[163] comme le présente le Petit Robert, est très important, voire fondamental pour l'être humain.

[163] Robert, Rey-Debove et Rey, Le Nouveau Petit Robert, Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue Française.

En effet, notre corps n'est pas adapté, au préalable, aux variations climatiques et à son environnement. La question de se vêtir s'est proclamée à partir du moment où, pour l'homme la peau et les organes ne suffisaient plus à le protéger. Tout ceci a entraîné l'Homme a : « *[d]evoir envisager la construction d'une nouvelle peau, une deuxième peau, pour affronter les rigueurs du climat* »[164]. Le vêtement sert donc à couvrir le corps pour sa protection et sa survie. Cependant, si le vêtement n'avait qu'un caractère de protection, très peu de vêtements nous auraient largement suffit pour toute la vie. Or, le vêtement ne sert pas qu'à se protéger mais il a aussi une « *[a]utre fonction de parer l'homme et de le différencier des autres* »[165], c'est aussi le signe d'appartenance à une société. D'ores et déjà, le vêtement s'est accordé la fonction de renfort pour toutes les parties du corps contre les agressions de la nature : froid, soleil, pluie et des contraintes sociales : nudité et appartenance[166]. Cependant, selon l'approche sémiologique, le vêtement devient tout d'abord un objet de différenciation (entre les sexes, les différentes classes sociales, les civilisations, les professions …) :« *Le vêtement ne sert pas seulement à se protéger, à s'embellir, mais aussi à échanger des informations et […] il y a donc là de toute évidence, un langage* »[167]. En effet par le biais des vêtements, on distinguait les sexes, l'âge, les différentes classes sociales, les différentes appartenances culturelles ou religieuses. Depuis toujours le vêtement représentait un langage et une forme de communication : « *[c]'est le facteur d'identification individuelle et sociale par excellence, dans toutes les sociétés, dans toutes les cultures, d'une société à une autre* »[168]. Et c'est dès les origines lointaines, que le vêtement accompagne l'espèce humaine et participe à son évolution. Il est l'un des éléments représentatifs, mais non pas unique dans l'apogée du processus d'engouement social, politique et économique.

Autrefois, le corps constituait une enveloppe physique qu'il fallait cacher, ce qui amena Platon à le considérer comme « *[o]*bjet malsain jouant le rôle d'obstacle entre l'homme et la vertu »[169]. Philosophiquement le corps était désacralisé. Le souci du corps n'a pris de l'ampleur qu'au cours du moyen âge, époque qui mit en exergue le confort corporel. Ce n'est qu'à partir du XVII^{ème} siècle[170] et jusqu'à nos jours, que le corps est réellement devenu ce qu'il faut mettre en valeur (sauf pour certains courants obscurantistes actuels de nos cieux).

---

[164] Etienne Weber*, Vêtements, apparences et travail* social (2004), 1.
[165] Gertrude Lenhart, *Histoire de la Mode au XX^{ème} siècle* (*Potsdam : Hf Ullmann Éditions, 2000),* 6.
[166] François Marie Grau, *Histoire du costume* (Paris : Presse Universitaire de France, 1999).
[167] Burgelin Olivier, « Barthes et le vêtement », dans *Parcours de Barthes*, *Communications* vol. 63 (1996), 81-100.
[168] Waquet et Laporte, *La Mode*, 66.
[169] Le dialogue "Phédon" de Platon.
[170] L'histoire de la Philosophie nous enseigne que le corps n'a pu acquérir une reconnaissance aussi bien positive qu'objective, qu'avec l'œuvre majeure de Baruch SPINOZA « l'Éthique ».

Des penseurs ont réfléchi sur cette mise en valeur et ont établi des critères esthétiques. Merleau PONTY[171] fait appel à la considération de la valeur du corps et de ses besoins, ce qui nous conduit au concept de « civilisation du corps ». Il faut noter que l'esthétique du corps traite d'abord du changement perpétuel des critères de beauté et de leur évolution d'une époque à l'autre. Concluons alors que les normes et les modèles de beauté se métamorphosent suivant l'évolution des techniques, en créant une harmonie entre le vêtement et les exigences du corps humain. L'évolution du vêtement et le changement de sa vocation font appel à la considération et la valorisation du corps et de ses besoins à travers toutes les démarches créatives touchant l'homme ou la femme dans la plupart des cas dans son intimité et sa vie pratique. A l'origine, une grande recherche a été entreprise au niveau de l'adaptabilité du vêtement aux courants (artistiques, socio-culturels, économiques, politiques et technique) de chaque époque.

Le vêtement évolue et se modifie constamment pour se conformer aux notions de classes sociales, de nouveautés, d'appartenances vestimentaires et de composantes économiques. La révolution industrielle entraine un bouleversement dans la hiérarchie sociale avec l'avènement de la classe moyenne et de ses nouvelles valeurs qui vont définir les tendances de la mode comme la frivolité de l'aristocratie qui l'avait effectué au siècle précédent. Ce changement a influencé, à tous les niveaux, les modes du XIX^{ème} siècle : la disponibilité des articles, leur aspect, leur prix ainsi que leur diffusion et circuit de distribution. Le vêtement commence ainsi à avoir de l'ampleur en s'étendant à d'autres sphères grâce à l'envol de la production, ce qui a conduit à la démocratisation des produits de grande consommation. A cette époque, la mode reflète à la fois les avancés techniques et l'apport socio-culturel des classes et des sexes : « *Le progrès dans la production de la mode ont agi comme un catalyseur sur l'industrialisation, l'urbanisation et la production en série qui caractérisent l'ère moderne. Par ailleurs, la mode est la construction et la reconnaissance identitaire de l'individu* »[172].

Au début du XIX^{ème} siècle, à l'aube de la modernité, le confort commence à acquérir une certaine consistance sociale et devient une importante préoccupation. En effet, c'est à cette époque que le mot désigné "confort" apparait dans sa connotation moderne. La révolution industrielle marque l'avènement de la société de consommation, entrainant une diffusion

[171] Maurice Merleau-Ponty, *Phénoménologie de la perception* (Paris : Gallimard, 1945).
[172] Marie Mackenzie, *Découvrir la Mode* (Paris : EYROLLES, 2010), 12.

rapide du concept de confort lequel pose un enjeu et une problématique importante dans la sphère publique, d'où « *[l]e confort devient une valeur emblématique qui témoigne de l'état d'avancement de la société en quête de mieux-être et de bonheur* »[173]. Ce processus appelle une diversité d'enjeux et d'intérêts. La question du corps comme vecteur de création a évolué pendant la période d'avant-guerre (1900-1914). Ce nouveau mode de vie – ouverture sur le monde et développement technique et technologique - à influencé la libération du corps féminin à la fois de la contrainte du corset et des étouffantes conventions dont elle était encore prisonnière

Notamment, lors de toute activité physique, le corps humain se trouve être en étroite relation avec le vêtement qui vient accompagner ou dans certains cas entraver sa gestuelle. Cette corrélation marque les premières traces d'un rapport particulier ou encore d'une parfaite adhésion entre le corps et l'habit. Philosophiquement, le corps n'est qu'un revêtement de l'âme, d'où sa représentation esthétique par une mise en scène à travers les vêtements laquelle s'est métamorphosée au cours du temps : « *Le corps est réduit à l'état de cintre, comme si la beauté du vêtement exigeait l'absence du corps* »[174]. Nous signalons à ce propos la préoccupation moderne de l'émancipation et de la libération du corps de la femme qui se manifesta à l'origine par le fait de commencer à se débarrasser de dessous superflus tels que le corset et la gaine et leurs contraintes physiques et morales. Les dessous ont toujours inhibé la liberté de mouvement en obligeant le corps à se soumettre à des formes et à des règles qui le font souffrir et qui peuvent même parfois mettre la vie du porteur en danger afin de valoriser l'apparence : « *Le corset étroitement serré, déformait les organes, provoquait souvent de bruyants problèmes de digestion et des maladies, et parfois la mort* »[175]. Jusqu'à l'aube du vingtième siècle, la femme se devait de répondre à un profil moral préalablement établi – des conventions étouffantes, au détriment de son confort, de son bien-être, voire de sa propre santé. Les créateurs pensent dès lors à des tenues "pratiques", nettement moins ornementales afin de pouvoir bouger librement et exercer ses activités préférées. Le corps de la femme a tendance à acquérir une liberté de mouvement à travers de nouvelles générations de vêtements travaillées avec des matériaux textiles plus légers, fluides, souples permettant une liberté de mouvement et une certaine aisance du corps. Cette époque insouciante avait engagé une première évolution vestimentaire qui allait s'achever durant la guerre mondiale

[173] Olivier Le Golf, *L'invention du confort : Naissance d'une forme sociale* (Paris : PUL, 1996), 18.
[174] Mondzain, *La Mode : Petite Conférence*, 24.
[175] Seeling, *La mode au siècle des créateurs 1900-1999*, 46.

pour ensuite aboutir à un bouleversement dans la vie des femmes et ainsi modifier les modes et les codes vestimentaires.

Une nouvelle génération de vêtements apparait à la suite de la première guerre mondiale (1914-1918) telle que les jupes longues, les uniformes et les vêtements de travail : « *La guerre libéra la plupart des femmes de toutes préoccupation vestimentaire, elle les força à endosser des vêtements de travail, des uniformes et des habits de deuil* »[176]. La nouvelle attitude de la femme a influencé d'une manière ou d'une autre sa façon de se vêtir puisque à cette époque elle s'est retrouvée responsable de toutes les tâches quotidiennes des hommes, qui sont partis en guerre. L'émancipation de la femme devenue employée, ouvrière dans les usines, infirmière…, a ouvert la piste à de nouveaux comportements sociaux d'où le souci d'avoir des vêtements à forme fonctionnelle. Cette nouvelle forme vestimentaire a libéré le corps de la femme active et lui a permis d'exercer confortablement ces nouveaux rôles.

Après la guerre, la réflexion se poursuit sur le fétichisme dans le vêtement féminin[177] d'une façon plus prépondérante grâce aux libertés et aux responsabilités acquises par la femme en temps de guerre. Vers 1910, par une tentative de raccourcissement des jupes, la création de robe simple et des jeux de fente principalement pour mieux bouger mais subrepticement en tant que forme d'attraction du regard et de la provocation du désir : « *L'endroit le plus érotique d'un corps n'est-t-il pas là où le vêtement baille ? C'est l'intermittence qui est érotique : celle de la peau qui scintille entre deux pièces ; c'est le scintillement même qui séduit* »[178] ou encore : la mise en scène d'une apparition / disparition. La femme devenue indépendante, responsable tend à obtenir des emplois meilleurs refusant catégoriquement de revenir à son rôle de simple ménagère, pour cela « *[e]lles se bousculèrent pour obtenir des emplois mieux considérés et mieux payés que les travaux domestiques* »[179] . Des innovations techniques en pleine expansion, telles que l'apparition de l'électroménager, a aidé la femme (jouant le double rôle d'employée et de ménagère) à acquérir plus de liberté pendant "les Années folles". Les créateurs pensent d'une part au confort et au bien-être – ce qui est avantageux pour la silhouette de la garçonne affermie et maigrie par le sport, les régimes et les cures. Ce changement dans la mentalité a engendré l'apparition des robes chemisiers, des

[176] François Baudot, *Mode du siècle* (Paris : ASSOULINE, 1999), 60.
[177] Michel Mogniat, « Le fétichisme », *Édition électronique, 2007*, accessible sur le lien : http://causepsy.fr/lefetichisme.htm, consulté le : 19 Avril 2018.
[178] Roland Barthes, *Fragments d'un discours amoureux* (Paris : Seuil, 1977).
[179] Seeling, *La mode au siècle des créateurs 1900-1999*, 58.

tenues de sport et des dessous (sous-vêtements, gaines élastiques) confortables- commodes qui aident à leur tour à aplatir le corps.

L'extravagance des "*années folles*" a été suivie par quinze années d'élégance tranquille. La coupe de la robe offre à l'étoffe une certaine élasticité créée pour une silhouette mince, féminine et élégante puisqu'elle épouse le corps de la femme qui la porte. L'idéal de beauté du corps à ce temps : « *La femme devrait être mince mais pas garçonnière, elle devait être tout à la fois féminine, sportive, bronzé, naturelle et soignée* »[180]. Puis, les répercussions de la deuxième guerre mondiale ont été d'une grande influence sur le secteur de la mode. Cela se manifeste par la pénurie de la matière première qui rend les produits de qualité médiocre. Après avoir subi toutes les conséquences de la guerre la femme a voulu pendant les années 50 reconquérir sa féminité et sa conformité en adoptant un style vestimentaire riche et luxueux qui marque ses formes.

Les "*sixties*" ont été marqués par de grands bouleversements (sociaux, politiques et culturels) influant sur les modes de vie et les mentalités. Ce temps régi par le sexe, la drogue et le rock and roll était caractérisé par une grande liberté d'esprit et d'égalité. Cette transition radicale a influencé d'une manière ou d'une autre les usages et les styles vestimentaires adoptés par une nouvelle catégorie de consommateurs ouverts et révoltés : "les jeunes".

La décennie du culte de la jeunesse a été suivie et régie par l'introduction des minijupes : « *Le vêtement qui symbolise les années soixante, est la minijupe. Elle demeurera d'actualité, de même que les allures de petites filles, les coupes de cheveux géométriques et les pulls chaussette, jusqu'en 1967, année où de nouveaux changements survinrent* »[181]. Le "Jean" se répandant petit à petit dès son introduction en Europe, devient à partir des années 60 l'habit fétiche des jeunes et un symbole de contestation suite à la révolution des apparences, et le refus de toutes formes de distinction sociale et sexuelle. Le "Jean" [182] devient alors une référence universelle de l'habillement : « *Le port du Jean […], a souvent été considéré*

[180] Seeling, *La mode au siècle des créateurs 1900-1999,*170.
[181] Valérie Mendes & Amy De La Haye, *La mode au XX*^{ème} *siècle* (Paris : Thames & Hudson, 2003), 158.
[182] Les origines du "Jean" : La légendaire histoire du jeans a commencé lorsqu'un jeune immigré allemand d'origine bavaroise, Oscar Levi Strauss, âgé de 24 a débarqué en Californie en 1853. A cette époque, les États-Unis étaient en plein ruée vers l'or. Levi Strauss avait en tête de vendre aux chercheurs d'or des mines de Californies des tentes et des bâches faites en toile « de Gênes ». Cette toile était fabriquée dans la république indépendante de Gênes en Italie au cours du 16ème siècle. Il s'agit d'une toile de laine et de lin à partir de laquelle on fabriquait les tentes et les bâches mais aussi des pantalons pour les marins et des vêtements pour les esclaves. Importée aux États-Unis la toile de Gênes est devenue par phonétique le "Jean".

comme le symbole vestimentaire de libération des rituels et rôles sociaux aliénants pour le corps »[183].

Depuis sa création, ce vêtement a incarné plusieurs philosophies de la vie et il a su s'adapter à son époque. D'ailleurs le pantalon devient la pièce principale dans l'habillement de la femme depuis les débuts de son émancipation jusqu'à nos jours (apparition du jeans pour les femmes en 1948). Depuis plus d'un siècle et demi, le jeans continue jusqu'à aujourd'hui de briller de mille feux. Contrairement aux autres vêtements, le jean devient meilleur avec le temps et résiste plus à l'usure grâce à la rigidité de son étoffe et son aspect indémodable. Il s'agit désormais d'un produit mondial qui intéresse toutes les tranches d'âge et toutes les classes sociales.

De nos jours, le jeans devient un vêtement mondialement utilisé grâce à ses caractéristiques à savoir sa robustesse, son côté pratique et surtout son côté confortable. Il est porté par les gens de tout âge et de toute classe sociale.

Cette époque est marquée par la fin de l'ère de gloire de la haute couture et l'apparition d'un nouveau phénomène : le prêt-à-porter – activité extrêmement rentable. De profondes modifications touchent de ce fait le vêtement : « *Le vêtement exprime un modèle (de vie), puisque ceux qui partagent ce modèle de vie, cet engouement, veulent pouvoir se reconnaître, se repérer, se montrer comme dépositaire de ces symboles* »[184]. Grâce à la production en série, le vêtement change de vocation et devient un produit démocratique, pluraliste, dynamique destiné à la grande consommation de masse. Divers comportements sociaux ont fait que le vêtement reflète la personnalité et les idées de celui ou celle qui le porte : « *Dans la société moderne, les habits sont les produits consommés par la raison culturelle ; beaucoup de gens achètent les habits en tant que produit de mode pour exprimer leur personnalité* »[185]. Désormais, nous pouvons voir « *dans le vêtement, non pas une apparence accessoire et souvent trompeuse, mais un modèle social déterminant des comportements et des manières d'être* »[186].

[183] Waquet et Laporte, *La Mode*, 20.
[184] Ibid., 62.
[185] Hye Geun Yoon, "Vêtement communicant." (Thèse de Mastère spécialisé en Création et Technologie Contemporaine ENSCI les ateliers, 2010-2011).
[186] Frédéric Monneyron, *La Frivolité Essentielle : Du vêtement et de la Mode* (Paris : PUF, 2008), 19.

Par la suite, les revendications de la classe moyenne signent de nouveau le grand souci de la société moderne, pendant les années 70, caractérisée par la facilité de la vie sociale qualifiée à l'époque d'«Anti-mode ».

À ce niveau, il est souhaitable d'enrichir notre recherche en expliquant les mouvements de libération de la femme en Europe après-guerre qui revendiquaient entre-autres une égalité avec les hommes et surtout la reconnaissance de cette égalité dans la dynamique des comportements sociaux, et par là même un comportement vestimentaire[187] plus libre. La nouvelle génération de femmes émancipées et attachées à leur nouveau rôle social vit une certaine dualité. Pendant la journée, elle suit les codes de la rigueur vestimentaire des bureaux (tenue de travail) cependant, le soir, libérée de toutes les contraintes, elle porte tout ce qui sort de l'ordre et de l'ordinaire (généralement le pantalon comme affirmation d'une certaine conscience politique : ressemblance aux soldats, puis dans les années 80 le tailleur pantalon). Nous parlons dans ce sens de l'évolution du vêtement fonctionnel, utile et technique face à l'ornemental et le décoratif. Le souci fonctionnel se manifeste aussi dans une grande recherche pour la création de vêtements et sous-vêtements pratiques et confortables (en Lycra) pour exercer le sport (jogging, aérobic, fitness), puisque les normes de l'époque exigeaient un corps sportif, "sexy" et mince – aux lignes parfaites. On ne parlait plus de mise en forme, mais de ''body styling'' ou « sculpture su corps ».

Les fonctions de l'habit mutent et muent d'une époque à l'autre en suivant les mentalités et les idéologies de chaque époque : « *Que, tout au long du XX*ème *siècle jusqu'à aujourd'hui, le vêtement parle de moins en moins sur le social et de plus en plus sur le style et le goût personnel ou, comme on a pu le souligner mais invite bien plutôt à devenir le caractère d'un individu en apporterait assurément déjà un beau témoignage* »[188]. La société moderne est ainsi composée d'un ensemble d'individus qui s'imitent entre eux afin d'obéir aux nouvelles exigences, conséquences de l'uniformisation du vêtement.

Au XXIème siècle et plus précisément pendant les années 90, la mondialisation de la mode s'est établie avec la révolution de la communication due à l'utilisation excessive de l'internet[189]. Les barrières commerciales[190], internationales et l'évolution des méthodes de

[187] Corine Mencé-Caster, *Mythologies du vivre femme : Essai sur les postures et imposture féminines* (Paris : Persée, 2017).
[188] Monneyron, *La Frivolité Essentielle : Du vêtement et de la Mode*, 23-24.
[189] Prolifération de l'informatique dans le monde entier.

production ont changé suivant les avancées techniques et technologiques. La production des vêtements est devenue le secteur le plus important d'où la délocalisation des usines vers des pays du tiers-monde afin d'acquérir plus de profit. Puisque la mode est l'une des industries les plus puissantes au monde, elle est à la fois catalyseur du phénomène et de sa mondialisation[191] et l'expression matérielle de son développement. En outre, l'industrie de consommation a un grand impact sur l'évolution de la mode qui touche davantage d'individus et devient hétérogène puisqu'elle change à un rythme effréné. Avec l'avènement des mass médias, la publicité joue un rôle capital. Nous assistons aujourd'hui à une diversification dans les styles et les tenues vestimentaires qui suivent généralement les tendances d'une époque en constante mutation. La mode est un phénomène évolutif et le corps aujourd'hui – moderne émancipé des entraves anciennes n'est qu'un support pour la manipulation publicitaire qui aide à la diffusion de nouvelles tendances et de nouveaux styles exigés par les créateurs : « *Depuis 20 ans, avec l'émergence de nouveaux marchés, de nouveaux types de créateurs, on a vu apparaitre des certaines manières de mode, et peut-être que dans dix ans il y en aura des milliers. L'éclectisme, le combinatoire, le mélange des genres, la diffraction de la mode, voilà ce que l'on vit* »[192].

Le paradoxe de cette époque se manifeste dans le désintérêt pour la mode à travers une nouvelle tendance "le minimalisme" d'une part et l'engouement des "*top model"* glamours qui étaient des sortes de déesses, de femmes parfaites et non de simples mannequins d'autre part. En effet pour ses femmes, la silhouette est le premier vecteur de séduction, comme s'il fallait pour être visible devenir immatériel[193]. Plus tard, le désir de ressembler aux hommes, à travers un corps effaçant toute spécificité féminine, a conduit à la production de l'industrie des mannequins sur mesure valorisant ce nouveau code vestimentaire libéral et cette nouvelle morphologie corporelle : « *La mode reste un commerce qui donne des ordres aux corps et particulièrement aux corps de la femme* »[194]. Le corps doit alors se soumettre aux normes de beauté exigées[195], pour que le vêtement paraisse dans des meilleurs états : « *L'exaltation et la disparition du corps dans une sorte de rêve fatal* »[196]. Nous pouvons faire référence à ce

[190] Effacement des frontières territoriales manifesté par la dissolution de l'une des puissances mondiales : la chute du mur de Berlin.
[191] Définition : La Mondialisation : phénomène économique, politique et culturel en rapport avec la disparition des frontières entre les états dans le but de créer une économie et une culture globale.
[192] Témoignage de Pierre Hardy, C*omment voyez-vous l'avenir ?* in Ouvrage : Collectif. *Vingt ans de système de Mode*, 104.
[193] Mondzain, *La Mode : Petite Conférence*, 22.
[194] Ibid.
[195] Le culte de la taille 38.
[196] Mondzain, *La Mode : Petite Conférence*, 22.

propos aux résultats dramatiques du phénomène de l'anorexie qui s'est répandu surtout chez les femmes et surtout les adolescentes qui torturent leurs corps dans le désir de suivre un idéal imposé par le code du mannequinat.

Les effets de globalisation ont donné lieu à l'uniformisation du vêtement et à l'apparition de l'unisexe ou encore même de l'androgyne, brouillant de plus en plus le langage social du vêtement. Celui-ci devient de moins en moins un facteur d'identification d'un statut ou d'une classe sociale, mais se transforme en facteur d'identification d'un style ou d'un caractère. On peut ici évoquer l'approche de la sociologie du comportement : notion du phénomène social en sociologie. En effet, il s'agirait, d'une nouvelle lecture du corps pour la machine socio-économique[197]. Désormais, nous pouvons voir « *[d]ans le vêtement, non pas une apparence accessoire et souvent trompeuse, mais un modèle social déterminant des comportements et des manières d'être* »[198]. Étant auparavant un signe d'intégration et d'appartenance sociale, le vêtement devient actuellement un langage du corps et l'expression de la personnalité de son porteur : « *Autrefois, les habits indiquent les statuts sociaux. Mais aujourd'hui, les habits représentent les différentes personnalités et la valeur de la liberté et de l'égalité* »[199]. Cet esprit moderniste a préparé le terrain pour des créations de plus en plus recherchées au niveau du rapport au corps.

Au cours du XX^{ème} siècle, plusieurs facteurs dont les guerres, la colonisation, l'industrialisation, le développement des transports et des échanges commerciaux, les médias, le marketing de masse et les multinationales de l'habillement ont entraîné des interactions culturelles à travers le monde et ont favorisé l'uniformisation vestimentaires à l'échelle planétaire : « *Les effets des globalisations sont traités dans la mode dans le monde* »[200]. L'industrialisation du vêtement, le développement du prêt-à-porter et surtout la mondialisation, ont fait naître le concept du vêtement universel. Ce vêtement « *[q]ui s'étend à toute la surface de la terre ou à une grande partie et qui concerne la totalité des individus d'une classe* »[201]. Il s'agit de vêtements adoptés par toutes personnes partout dans le monde comme le T-shirt et le jeans.

---

[197] Gilles Deleuze et Félix Guattari, Les machines désirantes dans *L'anti-œdipe Capitalisme et Schizophrénie* (Paris : Les éditions de minuit, Collection « CRITIQUE », 1972-1973).
[198] Monneyron, *La Frivolité Essentielle : du vêtement et de la mode*, 19.
[199] Hye Geun Yoon, "*Vêtement communicant.*" (Thèse de Mastère spécialisé en Création et Technologie Contemporaine ENSCI les ateliers, 2010-2011).
[200] Revue Beaux-Arts magazine, numéro spécial, 2001.
[201] Robert, Rey-Debove et Rey, Le Nouveau Petit Robert, Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue Française.

À l'aube du troisième millénaire – phase décisive et accentuée du mode post-mondialisation classique- période de transition, le consommateur est mieux informé qu'à n'importe quelle autre période de l'histoire grâce à la révolution de la communication : télévision, les magazines et ensuite internet. On assiste durant cette époque à un amalgame entre la haute couture, le prêt-à-porter et le "street Fashion". En outre, une nouvelle dynamique de création s'établit, les créateurs de mode, les designers textiles, en collaboration avec des firmes de vêtements, ne cessent d'innover afin de répondre à tous les goûts et surtout aux exigences du marché actuel. Ils créent donc de nouveaux types de textile et de vêtements adaptés à chaque circonstance de la vie. L'innovation réside dans l'offre d'une nouvelle esthétique industrielle. Le Sociologue Michel Maffesoli parle de la fusion de l'esthétique industrielle avec une nouvelle esthétique pragmatique de l'être-ensemble communicationnel du nouveau monde ou nouvelle mondialisation de la sauvagerie du profit, du capital financier. Depuis vingt ans au moins, nous assistons à l'apparition d'une diversité de pensée de nouveaux types de créateurs et qui se divisent en catégories : « *Il y a des créateurs pragmatiques par exemple, qui excellent dans l'art appliqué, et composent fantastiquement bien avec les lois du marché. Il y en a d'autres qui sont excellents stylistes, qui s'amusent à faire des tableaux avec des vêtements qu'ils posent sur des corps. Il y a également des fondamentalistes, des conceptuels qui chaque saison essaie de redéfinir une nouvelle silhouette, voire une nouvelle femmes* »[202]. Nous ne pouvons confondre une seule de leurs approches car chacune se distingue par son style personnel vers une quête de démocratisation et d'élitisme : tout est tendance, tout est possible.

C'est d'abord avec les femmes qu'a évolué le désir de paraitre et de séduire, mais aussi celui de s'affirmer en tant qu'actant dans le mouvement de la libération des femmes, associé au phénomène de la mode, qui leur a dicté pendant des siècles leur façon de s'habiller. Mais ces règles de beauté corporelle sont toujours en perpétuel changement correspondant aux transformations des silhouettes internes au système vestimentaire qui, lui, évolue en fonction du désir de séduire chez les hommes et les femmes. Chaque individu tend toujours à une auto-séduction avant de vouloir séduire l'autre, devenant ainsi objet et sujet. Autrement dit, il s'agit du désir de se plaire à soi avant de plaire aux autres dans la quête d'une réconciliation avec son corps et son être. Celui-ci n'est qu'un support du changement des goûts suivant des règles et des codes variables selon l'évolution du vêtement dans une quête d'un maximum de

[202] Témoignage de Pierre Hardy, "*Si l'identité du créateur a évolué, tous, pour autant n'ont pas la même approche de la création au sein ou non d'un groupe …, ?* in Ouvrage : collectif., *Vingt ans de système de Mode*", 104.

bien-être et de confort. Le corps devient le réceptacle et le lieu privilégié de l'expression de soi. Ce processus appelle à une diversité d'enjeux et d'intérêts. Chacun peut composer selon son physique, sa morphologie et sa personnalité en camouflant ses défauts ou encore en mettant en valeur ses atouts : tout dépend du corps en jeu. Or il y a quelquefois la morphologie du corps de la personne qui ne lui permet pas de porter tel ou tel vêtement : genre de coupe, de matériaux textiles (couleur, texture, graphisme, qualité du tissu) qui ne met pas son corps en valeur.

En guise de conclusion liminaire, aujourd'hui de nouveaux soucis liés au corps apparaissent d'où une grande recherche au niveau des nouveaux matériaux textiles et des techniques de faire inédites qui garantissent cette nouvelle vision. Les créateurs de mode actuellement ne se contentent plus de produire des tissus et des tenues qui rendent la femme ou l'homme juste embelli. Mais ils ont révolutionné les canons et les structures et ils ont bouleversé les règles. La nouvelle démarche de la conception a changé de vision et semble toucher de nouveaux problèmes liés au corps : hygiène, sécurité, confort, ergonomie, … Les créateurs et les designers cherchent d'autant plus la valorisation du consommateur moderne en lui faisant sentir un maximum de confort et de bien-être, accordant ainsi plus d'importance à son corps. Le sport entre de plus en plus dans l'hygiène de vie d'où une recherche approfondie sur les fibres et les tissus qui épousent parfaitement les formes du corps humain – telle une seconde peau, garde sa fraicheur, empêche les salissures à titre d'exemple.

Aujourd'hui, les créateurs œuvrent pour la mise en place de nouveaux besoins des usagers à partir d'une collaboration étroite avec les ingénieurs textiles et les chimistes en vue de la création de nouveaux tissus qui comportent eux-mêmes leurs propres fonctions, répondent aux attentes du consommateur actuel du point de vue confort, sécurité et bien-être. C'est une véritable révolution pour le XXI^{ème} siècle puisque les matériaux textiles peuvent être qualifiés de multifonctionnels grâce à leur capacité d'adaptation à leur environnement en devenant à la fois évolutifs, adaptatifs voire en quelque sorte "intelligents".

Cette fusion entre habit et nouvelles technologies pourrait permettre de se pencher sur des possibilités qui sembleraient être infinies. Or reste à savoir comment rendre concret ce nouvel aspect qui s'offre à cette industrie et comment ouvrir d'autres possibilités d'usage, de fonctionnements aux champs du design en assimilant les habits à d'autres fonctions plus étendues à la suite des développements scientifiques des TUT : Textiles à usage Techniques ?

2-3 Création, Textiles à usages " techniques et fonctionnelles "

Au début du XX^{ème} siècle, l'innovation a touché le secteur textile traditionnel à travers une grande recherche sur les matériaux et les procédés de leur fabrication. Le progrès scientifique à cette époque a donné lieu à une extension, un prolongement et un accroissement du secteur textile traditionnel d'où l'apparition d'une nouvelle génération de textiles dit « technique »[203]. La spécificité de cette nouvelle catégorie de textile ne réside plus seulement dans l'aspect esthétique et formel mais le dépasse à travers une grande recherche sur la valeur ajoutée au niveau de la performance technique et des propriétés fonctionnelles[204]. C'est en fait une intégration dans de nombreux domaines et champs d'investigation à travers l'association du textile technique à d'autres types de matériaux. Il s'agit dans ce sens d'une véritable recherche sur des matériaux et des procédés inédits ainsi que leur mise en œuvre pour garantir une meilleure efficacité.

Nous avons observé dans le sillage de cette évolution, un dépassement du matériau textile classique : ce passage s'est effectué des fibres naturelles vers les fibres chimiques et ensuite vers une nouvelle catégorie de matériaux novateurs apparus vers le milieu des années 70[205]. Nous évoquons dans ce sens les tissus dits "techniques" nommés aussi les textiles "à usage technique" qui se définissent comme : « *[t]out produit ou matériau textile dont les performances techniques et les propriétés fonctionnelles prévalent sur les caractéristiques esthétiques et décoratives* »[206] et se déploient comme étant : « *[...] des matériaux textiles dotés de qualité et de propriétés techniques très élevées pour répondre à des besoins de performance spécifique et dans des conditions données* »[207]. Or, « *[o]n classe dans cette famille tous les tissus qui sont conçus pour apporter des performances supplémentaires* »[208]. Les performances sont d'ordre multiple : mécaniques, thermiques, chimiques, biologiques, etc. La deuxième moitié du XX^{ème} siècle a connu un grand accroissement de ces nouvelles applications.

---

[203] Cabinet « Développement et Conseil », *Étude sur Les textiles techniques : État des lieux des forces et faiblesse françaises et positionnement des acteurs français dans la concurrence internationale des textiles techniques,* pour le compte de la Direction Générale des Entreprises (DGE), Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, 2005 : 1-70, accessible sur le lien : https://www.entreprises.gouv.fr/files/directions_services/secteurs- professionnels/etudes/textrap2.pdf.
[204] Direction Générale des Entreprises (DGE) 2006.
[205] Florence Ferrari, *Guide des textiles* (Paris : ESMOD EDITIONS, 2010), 128.
[206] Daniel Weidmann, *Technologies des textiles : de la fibre à l'article* (Paris : DUNOD, 2009-2012), 187.
[207] *Nathalie Besse, Brigitte Riboreau, et Guy Némoz, Textiles Techniques et Fonctionnels : Matériaux du XXI^{ème} siècle* (Saint-Etienne : IAC, 2009), 26.
[208] Ferrari, *Guide des textiles*, 128.

Les designers et concepteurs travaillent davantage les textiles techniques et fonctionnels pour la création de produits innovants aux fonctionnalités incontournables dans plusieurs domaines et notamment l'habillement mais ceci ne concerne pas que ce secteur. Les textiles techniques sont utilisés dans plusieurs secteurs d'activités : l'agriculture, l'habitat, la construction, l'emballage, les géotextiles, l'industrie, le médical, la protection, le transport[209] : « *L'habillement ne représente qu'une partie de cette vaste famille, trouvant également des applications dans le domaine médical, l'armée, le bâtiment, le transport, l'agriculture, etc* »[210]. Au début du XX[ème] siècle, les applications textiles débordent largement sur les secteurs traditionnels de l'habillement pour conquérir d'autres espaces de marché dont l'ameublement, le sport, l'industrie ou l'architecture : « *Vu l'étendue des applications, les « textiles techniques et fonctionnels » apparaissent moins comme secteur d'activité déterminé que comme une extension et une diversification du secteur textile traditionnel »*[211].

Le domaine de l'habillement semble être l'un des secteurs les plus développés surtout dans le secteur du sport et des loisirs : « *C'est essentiellement le sport qui est concerné par les tissus techniques. Mais le confort qu'ils apportent intéresse d'autres secteurs dont, par ordre d'importance, la lingerie, le prêt-à-porter moyen haut de gamme, le mode créateur et le sportswear* »[212]. Les vêtements sont devenus alors dotés de fonctions inédites qui répondent à un besoin donné : confort, amélioration de la performance, protection de la personne, respect de l'homme et de l'environnement : « *Les tissus techniques visent à : - améliorer le confort : respirabilité, aisance de mouvement, légèreté. – accompagner l'effort : récupération musculaire, dextérité, fluidité. – protéger des agressions extérieures : chocs, incendie, milieux sévères, écarts de température, rayonnements. – optimiser les ressources : maîtrise de l'impact environnemental, éco-conception* »[213]. Le vêtement se transforme en une sorte de solution technique tout en s'adaptant aux conditions sensorielles, corporelles mais aussi aux conditions météorologiques auxquelles son porteur est confronté. Le vêtement dépasse ainsi sa fonction première d'habiller le corps et l'âme pour devenir un élément de confort et de bien-être plurifonctionnel.

[209] Weidmann, *Technologies des textiles : de la fibre à l'article*, 194.
[210] Ferrari, *Guide des textiles*, 128.
[211] *Besse, Riboreau, et Némoz, Textiles Techniques et Fonctionnels : Matériaux du XXI[ème] siècle*, 27.
[212] Ferrari, *Guide des textiles*, 128.
[213] Ibid., 129.

Ainsi une bonne compréhension des perspectives du consommateur moderne s'attèle à concevoir une nouvelle génération de tissus et de vêtements qui répondent à la fois aux objectifs de l'industrie et aux attentes de la société : des consommateurs cibles de cette époque. Nous pouvons énoncer dans ce propos que ce type de vêtement abouti à un confort social autant que matériel.

Nous pouvons ainsi intégrer certains types de textiles à usages techniques et fonctionnelles dans la première génération des textiles intelligents et qui sont les : Textiles "intelligents" passifs. Rappelons que la première catégorie comporte le textile intelligent passif, capable de détecter uniquement les conditions de l'environnement extérieur ou de l'environnement de l'utilisateur[214].

Tableau 1. Les fonctions d'un textile intelligent passive

	Détecter les conditions extérieures	Réagir	Répondre et adapter
Textiles très intelligents	★		

Affinons plus notre réflexion : « *Les textiles en tissu intelligents passifs ne peuvent percevoir que les changements ou les stimuli dans l'environnement extérieur, mais ne peuvent pas s'ajuster en fonction des changements externes. Il s'agit de la première génération de textiles en tissu intelligents. Comme les vêtement anti-ultraviolets, les textiles en tissu antibactériens, les textiles en tissus enduit de céramique et les tissus de guidage de la lumière sont tous des textiles en tissu intelligents passifs. En fait, les textiles en tissu intelligents passifs n'entrent toujours pas dans le champ d'application des textiles en tissu intelligents au sens strict et devraient être plus précisément appelés textiles en tissu fonctionnels* »[215].

D'autres types de textiles à usages techniques et fonctionnels peuvent intégrer la deuxième catégorie et qui comporte le textile intelligent actif, à travers lequel on conteste qu'une action

[214] Sorna Mugi Viswanathan, "E-Textile and its Applications", *International Journal of Engineering Science and Computing*, vol.9, no.3 (2019): 20174-20176.
[215] "Classification et application des textiles en tissu intelligent", Testtextile, accessible en ligne sur le lien : https://www.testextextile.com/fr/classification-et-application-de-textiles-textiles-intelligents/?fbclid=IwAR1d7C-uFAMxS8db5BSb32iPYqdNKINmloLDdSUQs6XYF7wn3lfb46hiCwQ#Passive_smart_fabric_textiles.

et une réaction peuvent s'effectuer lors de la détection des conditions extérieures de l'environnement ou de l'utilisateur [216].

Tableau 2. Les fonctions d'un e-textile actif

	Détecter les conditions extérieures	Réagir	Répondre et adapter
Textiles intelligents Actif	★	★	

Expliquons : « *Les textiles en tissus intelligents actifs peuvent non seulement percevoir les changements ou les stimuli dans l'environnement extérieur, mais également réagir en conséquence aux changements dans le monde extérieur. Il s'agit de la deuxième génération de textiles en tissu intelligents. Par exemple, les textiles en tissu à mémoire de forme, les textiles en tissu imperméables et perméables à l'humidité, les vêtements de stockage de chaleur à changement de phase et les textiles en tissu thermo chromique léger sont tous des textiles en tissu intelligents actifs* »[217].

Reste à se demander comment se manifeste la part créative dans le développement de certaines catégories et domaines d'application des textiles techniques ? Quelle est la place du design textile / habillement en tant que discipline et processus dans l'amélioration de la vie de l'homme ?

Dans sa quête d'innovation, le secteur textile a développé des matières et des fibres aux propriétés différentes : thérapeutique, cosmétique, hygiénique, … afin de produire des textiles actifs et réactifs, ce qui ouvre au designer un vaste champ de possibilité de création de vêtements plus fonctionnels et adaptables à n'importe quelle condition. Les designers travaillent dans ce sens pour répondre à des besoins spécifiques d'une clientèle cible aux demandes spécifique. Tout dépend du domaine d'utilisation de ce type de vêtement car chaque domaine exige des spécificités et des besoins bien déterminés. Ainsi tout designer doit être en mesure de comprendre les besoins et les attentes du consommateur et d'être en

[216] Viswanathan, "E-Textile and its Applications".
[217] "Classification et application des textiles en tissu intelligent », Testtextile.

harmonie avec les valeurs de la société pour pouvoir refléter les "feedback" sur les échos collectés. Il doit aussi suivre les avancées technologiques et scientifiques pour pouvoir allier esthétique, fonctionnalité et ergonomie puisque ce développement ouvre de nouvelles perspectives à la démarche créative basée essentiellement sur le côté purement fonctionnel. L'enjeu se manifeste dans une nouvelle approche de création basée sur l'optimisation d'efficacité d'une avalanche de produits qui présentent une fonctionnalité "additionnelle" multiple répondant aux besoins du consommateur de plus en plus exigeant.

L'innovation issue du progrès scientifique a marqué une grande évolution dans le champ du design textile ce qui a touché plusieurs secteurs du domaine de l'habillement. De nos jours, les textiles techniques représentent 38% de toutes les matières textiles et constituent le secteur qui a le plus grand taux de croissance dans le domaine du textile et de l'habillement[218]. D'où, « *[l]eur consommation est passée de 65 milliards d'euro en 1995 à 100 milliards d'euros en 2010, et en volume, cela représente, en 2010, 22 millions de tonnes de TUT consommés dans le monde* »[219]. Cette évolution est la conséquence de la mise en vente des vêtements techniques qui ne commence qu'à partir du milieu des années 90. Or, ils subissent de perpétuels changements dus aux recherches scientifiques continues[220].

Cette partie de notre thèse aborde la démarche de création d'une nouvelle génération de vêtements à base de textiles techniques et fonctionnels destinés à plusieurs secteurs d'usages. Nous développons les exigences et modalités de leur mise en œuvre à travers trois facteurs : le matériau, la conception et la production en identifiant les différentes catégories et les domaines d'application et en examinant des exemples précis qui vont nous aider dans notre analyse. Les exemples présentés dans cette partie donneront un aperçu général des applications des diverses catégories de textile. Nous allons procéder par l'analyse de quelques exemples de vêtements techniques et fonctionnels issus des secteurs-clés afin de préparer le terrain pour déchiffrer la nouvelle approche créative face aux enjeux du bien-être.

Notre approche n'aborde pas seulement l'intelligence en termes de création ou de production de nouvelles fibres et de textiles techniques et fonctionnels, mais également en termes de

[218] "Technologie spatiale et textiles", *The European Space Agency (ESA),* 2002, accessible sur le lien : https://www.esa.int/Space_in_Member_States/France/Technologie_spatiale_et_textiles#.YWSSf2ISzeo.link
[219] Weidmann, *Technologies des textiles : de la fibre à l'article*,194.
[220] Clarisse Perotti-Reille, "Le Textile Habillement, Colloque : La filière Textile-Habillement : La volonté de remporter la nouvelle révolution industrielle" (Paris, 27 Mai 2008).

propositions et surtout de conditionnement de toute une vie. Ainsi nous ne traitons pas du vêtement "intelligent" [221] en tant que tel, nous nous focalisons sur l'apport des nouvelles recherches et de l'innovation dans le champ de la création et de son rapport à la vie humaine et de la conquête de l'espace et du temps : « *Cette diversification est née au début du XX*^{ème} *siècle avec le progrès de la science et l'apparition de nouvelles génération de fibres textiles. Elle s'est considérablement accélérée dans la seconde moitié du XX*^{ème} *siècle avec les progrès de la chimie »*[222].Les scientifiques ont mis du temps afin d'inventer des fibres d'origine chimiques[223] (fibres artificielles[224] et fibres synthétiques[225]), qui imitent certaines fibres naturelles du point de vue caractéristique et texture. Il s'agit d'une amélioration des propriétés intrinsèques par des procédés de finition. Ces nouvelles fibres et matières nécessitent de nouvelles méthodes de production et de mise en œuvre, ce qui élargit leurs champs d'utilisation. Les fibres manufacturées permettent alors de produire des vêtements plus résistants à l'usure, aux différentes conditions climatiques, confortables et qui permettent une haute protection dans différentes situations : « *Les textiles traditionnels sont en train d'évoluer vers des textiles fonctionnels pour répondre aux demandes croissantes du monde moderne (confort, bien-être, santé, hygiène, facilité d'emploi, légèreté, entretien, résistance, esthétique…). L'idée est de conférer des propriétés nouvelles aux textiles pour leur donner le maximum de valeur ajoutée et de fonctions. Tout l'univers textile du quotidien est concerné :*

---

[221] L'apport des nouvelles technologies dans le secteur du textiles techniques et fonctionnels, consiste à rendre la fibre intelligente grâce à son acquisition des propriétés techniques très développées.

[222] *Besse, Riboreau et Némoz, Textiles Techniques et Fonctionnels : Matériaux du XXI*^{ème} *siècle*, 27.

[223] Les Fibres chimiques sont obtenues à partir de fibres naturelles ou déjà fabriquées transformés chimiquement en fibres nouvelles dont la composition est toujours différente de celle de départ : « Les fibres chimiques sont dérivées du pétrole et produites par polymérisation » dans : Sophie Bramel et Claude Fauque, *Le génie du pli permanent : 100 ans de modernité textile* (Paris : Edition de l'Institut Français de la Mode, REGARD, 2001), 195.

[224] Les fibres artificielles sont fabriquées à partir de matières premières naturelles généralement d'origine cellulosique et obtenue par traitement chimique. Face à l'augmentation constante de la consommation et de la pénurie de la matière première on se tourne vers le XIX^{ème} siècle vers les arbres pour extraire la cellulose. Ces fibres sont élaborées à partir de la cellulose naturelle de divers végétaux et varient selon le procédé de transformation, voire la viscose et l'acétate. Il existe plusieurs dominations de tissus extraite de la même fibre, prenons l'exemple de la viscose : « Les fibres se présentent sous forme de fils continus (exemple la rayonne) ou discontinus si on sélectionne à une longueur déterminée (exemple de la fibranne), ce qui permettra de les mélanger avec d'autres fibres courtes comme le coton ou la laine » : définition extraite de : https://environnement.savoir.fr/les-fibres-chimiques-les-fibres-artificielles/
Le Modal et le Lyocell sont les nouvelles générations de fibres : elles présentent des performances améliorées :
Cf. Madeleine Le Fustec, *Technologies des matières et industries textiles* (Paris : EYROLLES, 1984), 7.
Définition : La cellulose : est composé d'hydrate de carbone. Elle constitue la partie principale des parois cellulaire végétale. Elle peut être extraite de diverses formes végétales pour fabriquer des fibres adaptées à la production textile. Définition tirée de : Udale, *Textile et Mode*, *Les essentiels stylisme*, 122.

[225] Ensuite nous nous attarderons sur les fibres synthétiques ou non cellulosiques dont les premières recherches ont débuté en Allemagne, centre de l'industrie chimique jusqu'à la seconde guerre mondiale. Cette dernière a migré vers les États-Unis devenus le nouveau pôle de développement des inventions et des brevets chimiques : « *Un des défis de l'industrie textile de demain sera de produire des fibres synthétiques à partir d'autres matières premières que le pétrole* ». Nous retrouvons les nouvelles formes de fibres synthétiques chimiques dans le Nylon, l'Acrylique et le Polyester. Les fibres synthétiques sont fabriquées à partir de fibres non cellulosiques car elles sont entièrement fabriquées à partir de produit chimique. Les fibres synthétiques comprennent de grandes familles de fibres : Les Chlorofibres (Rhovyl) ; les Acrylique (Crylor, Orlon) ; Les Polyamides (Nylon, Perlon, Rilsan) ; Les Polyesters (Tergal) ; Les Polypropyléniques (Méraklon) ; Les Polyuréthannes (Lycra, Vyrène et l'élasthanne), définition extraite de : Madeleine Le Fustec, *Technologies des matières et industries textiles* (Paris : EYROLLES, 1984), 7.

mode-habillement, ameublement, décoration, industrie, sport, santé, protection, équipement intérieur des véhicules… »[226]. A titre d'exemple, on trouve en effet des textiles techniques dans les structures architecturales, les fuselages d'avion, les carrosseries de voitures, les coques de bateaux ou de kayaks, par exemple conçu avec de la soie d'araignée ou du "BioSteel" qui est plus solide que l'acier, extensible et résistant à l'eau.

Nous allons discuter dans les exemples ces nouvelles matières et leur impact sur l'industrie textile d'une part et sur le confort et le bien-être des sociétés mutantes et évolutives d'autres parts.

Il y a eu un dépassement de la fibre naturelle vers une grande recherche au niveau des fibres chimiques produites scientifiquement. Certes, cette diversification est née avec les progrès de la science et l'apparition d'une nouvelle génération de fibres textiles qui ne s'est véritablement accélérée qu'à la seconde moitié du XX^{ème} siècle avec le progrès de la chimie. Les nouvelles fibres sont obtenues à partir de l'optimisation des fibres classiques ou de la recherche de nouvelles matières aux propriétés uniques : *« Les chimistes produisent aujourd'hui des fibres à partir de sources naturelles modifiant leur structure afin d'obtenir des propriétés supérieures. Ils travaillent également sur des et la nanotechnologie qui permettent de fabriquer des tissus aux propriétés avancées réagissant de diverses manières à l'environnement* »[227]. L'innovation en termes de création réside dans l'invention d'une avalanche de fibres aux fonctions inédites. En revanche, le textile technique est un textile à base de fibres ou de matières nouvelles, ou encore un textile traditionnel auquel nous rajoutons une ou plusieurs fonctions spécifiques (mécaniques, chimiques, physico-chimiques) pour des applications bien définies. En effet ; et ce fut en rapport avec une grande dynamique de la chimie qui s'est dirigée vers tout type de plantes : vers les produits agricoles, vers les drogues dures comme c'était le cas pour la feuille de coca ; le chanvre aussi (qui est de la famille des cannabis), vers l'industrialisation de nouveaux produits d'alimentation à partir de plantes. On peut mentionner que cette phase révolutionnaire est aussi inventive que destructive quant à la science, la chimie en particulier.

Le secteur du design textile et celui du vestimentaire ont toujours essayé de tirer parti de ce progrès scientifique et technologique fournissant de nouvelles pistes au designer afin

[226] Ceysson, Benetiere et Ceysson*, Textiles Techniques et Fonctionnels : Matériaux du XXI^{ème} siècle*, 27.
[227] Udale, *Textile et Mode*, *Les essentiels stylisme*, 52.

d'accroitre la compétitivité en proposant des produits novateurs. L'enjeu de la conception des vêtements techniques et fonctionnels parie sur les nouvelles propriétés et fonctions des matières textiles récentes. Mais, il doit toujours être en mesure de travailler ces nouveaux matériaux et étudier leurs points forts et faibles afin d'améliorer l'innovation et la créativité. De plus, sa force réside dans le fait de pouvoir travailler la matière avec un degré de précision très élevé surtout lorsqu'il s'agit des nanomatériaux. Cela offre aux designers des possibilités d'innovation très importantes touchant différents secteurs d'usage.

A côté de l'innovation au niveau des fibres et des matériaux nouveaux, il existe des techniques appliquées aux fibres, des procédés de finition qui jouent un rôle majeur en procurant des propriétés supplémentaires à un tissu ou à un vêtement afin d'obtenir un effet visuel, tactile ou une autre fonction particulière. Ces finitions d'ordre mécanique ou chimique s'appliquent à l'étape de production des fibres de tissus ou à la surface finie du textile. Il existe différents types de finition qui évoluent à la suite de la diversification des traitements ou des apprêts employés au textile. Le but principal sera de changer l'apparence et la texture du textile et en plus lui attribuer des qualités singulières conséquence des découvertes récentes. Ces finitions peuvent demeurer tout au long de la vie du tissu ou s'éliminer avec son usure.

Les finitions de haute performance sont des procédés et traitements chimiques et / ou mécaniques novateurs affectant le tissu dans un but fonctionnel. Les textiles actifs sont ainsi obtenus à travers des techniques telles que les apprêts chimiques, le plasma, le greffage, la micro-encapsulation, les microbilles et micro prismes, le sans couture, les fils compacts, la texturation, l'impression laser, le collage ainsi que la contribution des biotechnologies à travers le traitement enzymatique ou physico chimique, l'intégration de nano-fibres et de fibres actives sur le plan physique ou chimique ou encore les fibres "transgéniques"[228]. Nous allons montrer dans ce qui suit certains exemples de procédés et traitements novateurs, qui donnent aux vêtements des propriétés et des performances inédites dans plusieurs secteurs.

a. Les "cosméto-textiles" : La micro encapsulation

[228] Institut Textile de France, *Nouveaux textiles et vêtements fonctionnels 89,* (Paris : Usine Nouvelle, 1998).

Le premier enjeu résulte des "cosmétotextiles", une innovation qui se manifeste dans le fait d'allier textile et cosmétique en sorte de diffuser doucement et continuellement des produits actifs – matières actives d'origine variée : par exemple aux effets hydratants, amincissants, veinotoniques, parfumant ou anti-odeurs... Ce type de vêtement facilite la perte de poids, parfume, nettoie, atténue les odeurs corporelles, moule la silhouette tout en améliorant la circulation sanguine. Il a un effet thérapeutique, cosmétique, hygiénique pénétrant la peau grâce à ses différentes propriétés. Ces vêtements impliquent une parfaite maîtrise des micro-encapsulations de substances actives qui se trouveront libérées sous l'effet de la chaleur du corps ou des frottements : « *Certains tissus intelligents contiennent par exemple des microcapsules réparties dans l'ensemble de leurs fibres. Ces microcapsules renferment des produits solides ou liquides capables de réagir à la lumière, à la température, au frottement et libèrent leur contenu lors de l'utilisation du vêtement. Les applications possibles de ces microcapsules sont très nombreuses : diffusion d'un parfum ou d'un produit cosmétique mais aussi libération ralentie d'un médicament* »[229]. Nous constatons que les vêtements cosmétiques appelés aussi cosméto-textiles contiennent des microcapsules libérant durablement des agents actifs à base de substances ou préparations lorsqu'elle est exposées à la chaleur corporelle. Il s'agit de la nanotechnologie[230] alliée à la fibre textile afin de revendiquer des propriétés spécifiques telles que le nettoyage, la diffusion de parfum, la modification de l'apparence, la protection, le maintien de état et la correction des odeurs corporelles : « *Actuellement, les applications les plus courantes tournent autour de fonctions antibactériennes, anti-taches, anti ultra-violets, parfumantes ou désodorisantes* »[231].

Nous trouvons davantage de fonctions en ce qui concerne aussi les vêtements médicaux à la suite de la révolution au sein de la matière. Un nouveau type de vêtement médical a été créé par le biais du mariage textile-médicaments. Il s'agit de l'encapsulation de soins (des principes actifs pharmaceutiques, des antibiotiques, des actifs alimentaires, des micro-organismes…). Le principe actif contenu dans la capsule sera diffusé aux fibres par contact avec la peau. Comme nous l'avons déjà mentionné, nous trouvons encore le même principe

[229] "Les textiles intelligents : Les Textiles Intelligents : Quels Seront Les Tissus De Demain ?", *Gralon*, accessible sur le lien : https://www.gralon.net/articles/materiel-et-consommables/materiels-industriels/article-les-textiles-intelligents---quels-seront-les-tissus-de-demain--3505.htm, consulté le : 23 Février 2018.
[230] « Les nanotechnologies promettent la création de nouveaux textiles, fabriqués grâce à des procédés révolutionnaires et aux fonctionnalités encore insoupçonnées. Leurs possibilités d'application sont pratiquement infinies et pourraient toucher tous les domaines du textiles techniques et fonctionnel », extraite de : Ceysson, Benetiere et Ceysson, Les textiles techniques et fonctionnels, 48-54.
[231] Ceysson, Benetiere et Ceysson, *Les textiles techniques et fonctionnels*, 48-54.

lors de l'émission de produits amincissants, parfumants, hydratants, raffermissants, anti-odeur, apportés par une micro-encapsulation (du parfum, des arômes et des actifs cosmétique…).

Ce type de vêtement a connu une grande évolution au fil du temps. Le seul problème demeure la durée de vie de l'encapsulation des substances actives. En effet, nous constatons un inconvénient majeur par rapport à l'encapsulation des substances actives qui s'épuisent et finissent par disparaitre suite aux lavages. Cependant, les recherches s'attellent à concevoir des capsules rechargeables. En fait, il existe d'autres traitements, également source de performances pour pallier à l'inconvénient de la disparition progressive de l'additif après le lavage. Les textiles qui incorporent des microcapsules sont dotés de microréservoirs remplis de produits actifs, dont la taille atteint le millionième de mètre, et qui sont collé aux fibres. Ils sont conçus pour résister aux lavages. Il est possible de réimprégner le textile avec une dose de microcapsule, mélangée avec de la colle. Les produits actifs contenues dans les microcapsules, tels que les déodorants, tonifiants, hydratants ou amincissant, etc. peuvent être libérés par friction ou par diffusion à travers la paroi de la microcapsule. Il suffit d'additionner l'additif directement dans le polymère fondu avant l'extrusion[232] du filament, l'agent est inséré au cœur même de la fibre et se diffuse progressivement à la surface pour y répandre ses propriétés.

On dénombre deux types de microcapsules capables d'être appliquées sur un fil ou sur un textile. Le premier cas se trouve dans le cas des cosmétotextiles et peut être libéré par friction, chaleur ou humidité pour pouvoir diffuser l'agent actif progressivement sur la peau ce qui engendre une faible résistance au lavage. Mais aujourd'hui, nous pouvons recourir aux recharges qui permettent de prolonger la durée de vie du vêtement. Le deuxième cas est utilisé pour la protection des matériaux à changement de phase par exemple à microcapsules, plus résistantes pour pouvoir protéger le contenue qui n'a pas de vocation à être diffusé. Au niveau des cosmétotextiles, nous relevons la création des vêtements de contact tels que les chaussettes et les bas dotés de microcapsules qui libèrent des substances thérapeutiques. Dans certaines situations, les microcapsules ont pour fonction de ne rien diffuser du tout, qu'il s'agisse de composés photochromiques ou thermo-chromiques qui changent de couleur selon

[232] Définition : Extrusion : processus de fabrication mécanique donnant sa forme à un matériau poussé au travers d'une filière. Définition extraite de : *Besse, Riboreau, et Némoz, Textiles Techniques et Fonctionnels : Matériaux du XXI*^{ème} *siècle*, 114.

l'éclairage ou la température. Un exemple concret est celui des vêtements thermorégulateurs : les microcapsules contenant de la cire se solidifient lorsque le corps se refroidit, puis fondent lorsqu'elle absorbent la chaleur du corps qui s'échauffe. Ces vêtements appartiennent encore au domaine des prospères mais demain ils pourront devenir, entre autres des vêtements pour les classes moyennes.

Cette nouvelle forme créative nous incite à affirmer que santé, hygiène de vie et propriété cosmétique auront un impact important sur notre société grâce aux contributions de la technologie dans le renouvellement de l'offre. En ce qui concerne les formes de soins, ils sont substantiels et s'accroitraient de manière croissante au fil des ans. Par exemple les cosmétotextiles semblent être intégrés de plus en plus pour résoudre les problèmes de santé publique. En correspondance avec cette donnée, les designers textiles et vestimentaires se préoccupent d'inventer des vêtements hydratants, amincissants, parfumants, énergisants et vitaminés au moyen de la libération progressive de micro-capsules qui contiennent des agents actifs.

b. Les " imper-respirants "

De nouvelles fonctions viennent s'ajouter à la notion du bien-être dont celle de l'hygiène grâce aux impers-respirants, aux antibactériens, anti-acariens, … ce qui rend plus aisé la vie des personnes nomades accaparées par les tourments de la vie et qui ne disposent pas d'assez de temps pour se préoccuper d'elles-mêmes et de leurs proches.

Dans le secteur de la précaution et de la préservation, nous trouvons des vêtements d'ordre biologique et hygiénique pour le contrôle de la transpiration grâce à une capacité de filtration, d'absorption et d'échange comme par exemples les imper-respirants, les antibactériens et les anti-transpirants. Ces vêtements sont destinés au domaine de la santé et du sport en général et couvrent des fonctionnalités très larges. Ce sont des vêtements écologiques fabriqués à base de textiles issus de fibres naturelles comme le "bambou", le "tencel" ou encore le "lyocell" qui est un dérivé de la fibre de bois. Ces fibres possèdent des caractéristiques étonnantes permettant de stopper la prolifération naturelle des bactéries dans le tissu, source de mauvaise odeur. Ainsi, nous pouvons constater que le confort et le bien-être de leur porteur se manifeste par la sensation de fraicheur continue tout au long de la journée et la garde

antibactériennes contre les mauvaises odeurs grâce à ces textiles inédits. Cette génération, elle, tend vers un perfectionnement du savoir-faire pour pallier aux points faibles de la peau humaine.

Citons l'exemple du "Lyocell" qui est une fibre de troisième génération. L'innovation se place dans la naissance de nouvelles fibres artificielles dites écologiques et biodégradables : « *Le Lyocell est une fibre cellulosique régénérée qui vient de la pâte de bois d'eucalyptus* »[233]. Ce qui aboutit à une qualité de fibre légère, soyeuse et biodégradable. Elles sont d'un côté, fabriquées de la "cellulose de bois", et d'un autre côté leur processus de fabrication est caractérisé par un coté écologique car le solvant utilisé est recyclable. Ces fibres sont caractérisées par un côté très hydrophile (étanche), solide et résistant à la torsion malgré la finesse du fil. Du fait de ses propriétés de confort proche du coton ou de la viscose, la fibre est sans cesse améliorée ce qui rend les articles en "lyocell" plus confortables grâce à leur bonne capacité d'absorption de l'humidité.

Les « imper-respirants » modifient les transferts de chaleur entre le corps et l'environnement pour protéger des intempéries tout en libérant la transpiration grâce à une membrane fine microporeuse, en "polyester" ou "polyuréthane", collée entre le tissus et la doublure du vêtement. Nous trouvons certains produits sur le marché des membranes. Ces fibres sont à la fois thermiques et aérodynamiques et permettent de maintenir la peau au sec. "Le GORE-TE" [234] est l'exemple parfait car c'est un tissu à la fois respirable et imperméable : résistant à l'eau et au vent fabriqué à partir du "Téflon". Il est couramment utilisé pour la fabrication des vêtements de sport et d'extérieur (activité en plein air) puisqu'il procure à son porteur un confort spécifique à l'activité exercée.

Par ailleurs, "Le plasma" est une technique de finition se traduisant par un gaz excité électriquement ayant la capacité d'activer des molécules qui se lient à une surface. Ce qui modifie les propriétés d'un textile, comme le rendre hydrophile, imperméable ou ignifuge, tout en concevant son apparence et son toucher. De même, le greffage est une « *[o]pération physico-chimique qui consiste à fixer une molécule sur la chaine moléculaire principale d'un*

[233] Anne Michud & Blandine Giustini, "Les fibres cellulosiques à usage textile." accessible sur le lien : http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr/memoire/2010/fibre-cellulose-textile.htm, consulté le 20 Aout 2018.
[234] Définition : GORE-TEX : un tissu breveté par la société Gore and Associates en 1969. C'est également une marque enregistrée. Son imperméabilité s'explique par sa composition chimique, incorporant notamment du polyeéraflurоéthlène couramment appelé Téflon.

fil synthétique ou naturel afin d'y intégrer de nouvelles (hydrophobie, hydrophile, antiseptise...) ou de modifier son affinité tinctoriale. La tenue dans le temps est permanente »[235].

Dans un second temps, les vêtements anti-odeur et anti-transpiration sont réalisés à base de fibres aseptiques, ce qui empêche la multiplication des bactéries et stoppe les mauvaises odeurs pour un meilleur bien-être. Il offre au consommateur confort, stabilité dimensionnelle exceptionnelle, sensation de fraicheur, confiance et aisance. La nouvelle gamme de chaussettes est composée de fibres désinfectantes qui empêchent la multiplication des bactéries et éliminent les mauvaises odeurs. Il est aussi possible d'incorporer des micro-organisme qui se nourrissent des salissures et de la transpiration pour maintenir les vêtements toujours propres et frais[236].

En outre, les vêtements antibactériens sont obtenus grâce à un système de garnissage des tissus effectué à partir de plusieurs fibres ce qui protège davantage l'hygiène du corps et la santé. Les vêtements antibactériens intègrent de l'argent dans certaines de leurs fibres. De plus la fibre en bambou, le coton organique, le chanvre procurent un soin particulier à la peau de leur porteur grâce à une capacité à stopper la prolifération des bactéries. Ces vêtements affectent le niveau sanitaire de l'environnement puisqu'ils sont conçus à partir de fibres écologiques ou biodégradables. L'usager bénéficie ainsi de plus de fraîcheur. Une grande innovation qui émane de la mise au point de fibres biodégradables et écologiques alliant confort, absorption de l'humidité et toucher agréable. Elles sont utilisées surtout dans le prêt-à-porter des vêtements de sport et de santé (hygiène). Voici quelques exemples de nouvelles fibres cellulosiques : "Le lyocell" qui est fabriqué à partir de la cellulose du bois, "l'alzon" qui est le nom de la fibre générée à partir des protéines de lait et aussi la fibre "PLA" qui est dérivée de sucres naturellement présents dans le maïs et dans la betterave.

c. Les "Anti-tout " et les " Auto-tout "

Depuis l'an 2000, les tissus fonctionnels touchent le secteur de l'habillement quotidien suivant une grande recherche pour répondre aux attentes du consommateur actuel soumis aux exigences des nouveaux modes de vie. Nous vivons aujourd'hui dans une ère où

[235] Sophie Bramel et Patricia Poiré, *Mode et Tissus = High-Tech* : *Fabrics and Fashion* (Paris : Falbalas, 2012), 135.
[236] Ibid.

règne le pouvoir du temps et de la vitesse, comme le dit KOURILSKY : « *Notre société de consommation est une « société de tentation, de travail, de stress et d'anxiété* ». Selon Paul VIRILIO, l'ère actuelle est une image élémentaire de l'actuelle vitesse de l'information dans le cyberespace qu'il résume dans « *[l]e primat du temps réel, de l'immédiateté sur l'étendue* »[237]. De nos jours, la facilité d'entretien et d'usage semble être un créneau très important pour les designers créant des vêtements faciles à vivre grâce aux nouvelles fibres et aux nouveaux traitements. Cette nouvelle gamme de produits réinvente le quotidien. Ils permettent aux utilisateurs de gagner du temps dans l'entretien par rapport au lavage et au repassage …. Et donc de gagner de l'énergie en diminuant la quantité d'efforts. Mieux encore, ils induisent une certaine économie écologique en diminuant l'usage des produits d'entretien et la régulation de la quantité de gaz dégagés. Cet enjeu qui s'expose à travers la matière textile en barrière "antitout" : "anti ultraviolet, anti feu, antibactérienne, antitache, antiseptique, anti-stress, infroissable, inflammable, etc". Voici quelques exploits dans le domaine attestant de ces vertus techniques.

Une grande innovation s'affiche en matière de procédés et de traitements novateurs appelés apprêts offrant aux tissus et aux vêtements des propriétés encore plus recherchées tel que le confort, la facilité d'entretien, l'imperméabilité, l'antitache, etc. Il existe deux catégories d'apprêts : les apprêts dits mécaniques et les apprêts dits chimiques ou fonctionnels[238], dont on a parlé dans la partie de la micro-encapsulation. Ceux-ci connaissent un grand essor depuis le début des années 1990. Il s'agit de l'enduction de l'étoffe afin de donner aux vêtements des propriétés spécifiques telles que la stabilité, l'infroissabilité et l'imperméabilité. La principale innovation dans les apprêts est mécanique et ce avec le traitement de surface appliqué à une matière offrant un vêtement dit polaire[239], efficace contre les conditions climatiques extrêmement froides. Le seul inconvénient de ces traitements se manifeste dans la réduction de la durée de vie par lavage[240]. Mais il existe des nouveautés permettant un entretien du vêtement encore plus facile grâce à un apprêt constitué de substance fluorée permettant d'obtenir une protection antitache tel que le téflon. Nous trouvons aussi la thermo-fixation de résines à base d'alcool qui accroit la stabilité dimensionnelle du tissu et le rend moins froissable soit à sec, soit mouillé dans le but d'éviter

[237] Paul Virilio, *Vitesse et information*. Le cyberespace In, Le Monde diplomatique, Août 1995, 25.
[238] Institut Textile de France, *Nouveaux textiles et vêtements fonctionnels 89* (Paris : Usine Nouvelle, 1998).
[239] Définition : Polaire : un traitement de surface appliqué à une matière afin d'obtenir un vêtement dit 'polaire' qui est efficace contre le froid et le vent.
[240] Institut Textile de France, *Nouveaux textiles et vêtements fonctionnels 89.*

ou de faciliter le repassage pour le cas des vêtements infroissables. Nous allons développer par la suite quelques exemples afin de mieux cerner le progrès créatif au niveau de ces textiles. Cette génération unit à la fois confort, esthétique et facilité d'entretien à travers les caractéristiques qu'elle développe pour un mieux-être du consommateur moderne.

Le vêtement "anti-tâche" est un concept réalisé grâce à un apprêt appliqué au stade de la finition du tissu afin de s'opposer à la pénétration des liquides gras, aux salissures et même à l'eau ce qui crée une enveloppe au tissu lui permettant ainsi de garder son aspect neuf et propre plus longtemps. Il existe aussi les finitions esthétiques qui[241] attribuent aux tissus les propriétés tactiles ou esthétiques recherchées, comme par exemple rendre le vêtement plus moderne grâce à l'application d'une finition "high-Tech" ou à des traitements chimiques ou sous l'effet de la chaleur qui, elle, peut modifier la texture du tissu. Le recouvrement des tissus par le téflon offre aussi une imperméabilisation et une protection contre les tâches et les salissures.

Les vêtements "dépolluants" ou "auto-lavants" représentent le concept de " *l'auto-lavage* " qui est développé par des scientifiques et chercheurs chinois lesquels désirent faciliter la vie du consommateur au quotidien pour lui faire gagner du temps et minimiser ses efforts : « *[u]n coton auquel on aurait ajouté des atomes chimiques précis comme le dioxyde de titane, de l'azote ou encore de l'argent, pourrait se laver après quelque temps à l'exposition de la lumière de soleil* »[242]. Ce sont des tissus capables de capter et de retenir les molécules de pollution. Ils ont également la propriété de se nettoyer tout seul grâce à une composition chimique particulière. Le concept du vêtement qui se lave tout seul a été inventé par le français Pierre-Alexandre Bourgeois lequel a décroché le prix de l'innovation textile[243].

Les vêtements auto-séchant sont des vêtements qui sèchent en un clin d'œil capables d'évacuer la chaleur et de drainer la transpiration vers l'extérieur. Ainsi le vêtement ne colle plus à la peau, ne moisit pas grâce à la microfibre. Ces vêtements ont aussi la capacité de sécher très vite juste après lavage ce qui entraine une économie d'énergie. De plus, les tissus résistant à l'eau sont obtenus à partir de l'application d'une couche de caoutchouc, de

[241] Udale, *Textile et Mode*, Les essentiels stylisme, 65.
[242] Erwan Carfantan, " Chine : Des vêtements qui se nettoient tout seuls.", 17 Janvier 2012, accessible sur le lien : http://www.meltybuzz.fr/chine-des-vetements-qui-se-nettoient-tout-actu90521.html, consulté le : 29 Février 2018.
[243] Matthieu Guinebault, " Prix de l'Innovation : un tissu dépolluant et un capteur textile récompensés.", Fashion Network, mise en ligne le 17 Octobre 2012, accessible sur le lien : https://fr.fashionnetwork.com/news/Prix-de-l-innovation-un-tissu-depolluant-et-un-capteur-textile-recompenses,287226.html, consulté le : 01 Mars 2018.

polychlorure de vinyle (PVC), de polyuréthane (PU) ou de cire sur la surface du tissu pour l'hydrofuger. Ces tissus sont utilisés généralement pour la fabrication des vêtements d'extérieur ou pour les chaussures. Nous trouvons aussi de l'hydrofuge naturel dans les résidus d'huile naturelle que l'on retrouve dans la laine du pullover utilisé par les pêcheurs[244].

Les infroissables et les défroissables semblent être un avantage pour le consommateur actuel débordé tout le temps vu que ce type de vêtement n'a plus besoin d'être repassé. A l'origine, les vêtements sont fabriqués avec du Polyester ou du Tergal. Maintenant, l'utilisation des microfibres et des nanotechnologies ou même l'insertion de fil de laine 'sur tordus' donne au tissu une grande tenue. Les vêtements anti-UV sont des vêtements réalisés avec des tissus anti-UV naturels ou traités qui bloquent les rayons UV très nocifs pour la peau. Le bambou est un anti-UV naturel. En revanche pour les tissus traités, nous ajoutons des agents fluorescent absorbant les ultraviolets ou les pigments réfléchissant les rayons. Les tissus réfléchissants [245] consistent en l'application sur le textile d'un revêtement laminé holographique qui réfléchit et réfracte la lumière.

Aujourd'hui, un des points les plus essentiels dans la décision d'achat chez un consommateur moderne est le confort au porter et l'accroissement des valeurs ajoutées. C'est pour cette raison, que les designers vestimentaires et les stylistes de mode travaillent en étroite collaboration avec des ingénieurs textiles et des chimistes afin de concevoir et de créer des vêtements 'actifs' répondant au désir de leur client en leur procurant de nouvelles possibilités dans l'usage et dans l'effet. Léonard ALDEMAN écrit dans le même ordre d'idée « *[q]u'un matériau intelligent est celui qui adapte sa réponse, signale une modification apparue dans l'environnement, provoque une action de correction* »[246].

Misant ainsi sur des matériaux, fibres et matières qui assurent légèreté, douceur et élasticité lors de la conception en alliant des performances de traitement d'un bien-être matériel et immatériel, les designers s'exercent sur des fibres nouvelles en les intégrant au sein du tissu pour augmenter les possibilités de ce matériau dans ces interactions avec le corps et plus particulièrement la peau. Bien qu'il soit une innovation remarquable dans le domaine de l'habillement et même s'il possède des caractéristiques technologiques avancées, le textile

[244] Bramel et Poiré, *Mode et Tissus = High-Tech* : *Fabrics and Fashion*.
[245] Udale, *Textile et Mode*, 65.
[246] Léonard Aldeman, "Molecular computation of solutions of combinatorial problems", Science Vol. 266, no. 5187 (1994), 1021-1024.

intelligent reste sans effet considérable sur la vie de tous les jours à l'exception de la création de vêtements de sécurité, d'hygiène et de protection, de sport. Ces textiles techniques et fonctionnels pourvoient à la création des vêtements de demain des propriétés spécifiques et inédites qui répondent essentiellement à la demande du consommateur-cible en lui offrant un maximum de confort et de bien-être.

En conséquence, le développement du confort et du bien-être du consommateur semble être l'une des préoccupations primordiales du secteur textile et du design vestimentaire se révélant surtout au niveau des facilités d'usage et de l'esthétique du corps. En ce qui concerne le design, l'idée est conforme mais en ce qui concerne le secteur Textile, il s'agit bel et bien du confort et du bien-être du consommateur conjugué à l'accumulation de la plus-value du capital ; étant donné qu'on a déjà défini la société de consommation comme réceptacle socio-économique de l'évolution du secteur. Grâce à l'intégration de la nouvelle technologie dans le domaine de la recherche des textiles techniques et fonctionnels, les designers et les ingénieurs focalisent tous leurs intérêts sur l'objectif premier qui est de faciliter la pratique économique et industrielle tout en favorisant la satisfaction - le plaisir de tous les utilisateurs. Ce souci se mesure au développement de nouveaux produits issus de la prouesse technique et scientifique, source d'une grande diversification dans le choix des matériaux.

Nous pouvons résumer que ces inventions vont assurer à l'utilisateur une sorte de confort psychique et physique grâce à des créations qui garantiront un degré de confort élevé. Cette avancée est possible par le biais des "vêtements Intelligents", sorte de continuité pour la peau humaine palliant en quelque mesure ses faiblesse et ses limites.

L'être humain, toujours en recherche permanente de confort dans sa quête substantielle d'inédit, pousse le créateur à anticiper ses attentes pour atteindre et satisfaire ses propres besoins en changement perpétuel. Ainsi nait un processus, une sorte de dialectique aisance matérielle – nature de l'être-designer convergeant vers une revendication d'innovation technologique qui vise à procurer toujours un maximum de confort et de bien-être. Ce mécanisme illustre l'individualisme triomphant au milieu de la massification de la production. L'être humain serait à la fois acteur et promoteur de la mode technologique. Dans un ordre logique et rationnel, le fait de répondre aux attentes de l'homme-usager est

primordial en termes de fonctionnalité, ergonomie, goût, tendance, adaptabilité par rapport au mode de vie.

Cette nouvelle génération de vêtements stimule des conditions sensorielles et corporelles en tenant compte du confort et de l'esthétique du corps et en s'adaptant aux conditions extérieures de l'environnement. Nous remarquons qu'il s'agit d'une interaction triangulaire : homme – objet (textile / vêtement) – environnement. Cette démarche de création interactive fait depuis toujours appel à des outils qui transforment les composantes (esthétique, fonctionnelle, technique et socio-culturelle) en tant que support de référence, objet d'une étude appliquée par les industriels du textile à l'heure actuel.

Conclusion

La création du textile, au cours de l'histoire humaine renvoie, indubitablement, au registre anthropologique du passage à l'acte de « penser avec les mains » vers celui de sa concrétisation, à savoir celui de la transformation et de l'invention des matériaux et des techniques relatives à la conservation de la Vie.

Pour cerner l'aspect spécifique de mon sujet, il m'est apparu impératif d'interroger l'histoire socioculturelle et technique tout au long de l'histoire de l'espèce humaine. Suite au traitement du statut fonctionnel et créatif de l'être humain au sein de sa propre évolution, une première distinction s'est mise en place : afin de se libérer du poids massif de la nature et de l'angoisse profonde, cultivée par la densité fantomatique de la mort, à la fois subite et omniprésente, l'humain avait, instinctivement, inventé l'outil-objet qui doit occuper le statut intermédiaire dans le processus de sa libération primaire et de l'instauration du vecteur chargé de conserver le changement qualitatif et perpétuel du genre humain.

Dans l'objectif d'installer mon sujet en question dans son espace contemporain adéquat, j'ai dû noter que le développement et l'évolution du savoir-faire dans le domaine du textile a pris le temps et la lenteur nécessaire afin d'atteindre l'ère moderne : celle de l'industrialisation et de la technicité de plus en plus minutieuse et pointue. En effet, la révolution industrielle, plateforme technologique et marchande de la société capitaliste, allait conduire le comportement créatif des faiseurs concernés vers la mécanisation et l'industrialisation massive du textile.

C'est pour cette raison que j'ai consacré le second chapitre de la présente section au enjeux soulevés par la mécanisation sur le plan des modèles économiques et sociaux ainsi que les répercussions des nouveaux modèles sur les pratiques du design.

Pour conclure, suite à l'étude de l'évolution du textile tout au long de l'Odyssée humaine, nous pouvons remarquer que la création textile n'a pas été soulignée par un point de départ précis et commun ; par contre, la création en question a été pour longtemps, le fruit des pratiques techniques des humains. Il s'agit d'une masse de pratiques et de configurations techniques et de réflexions, à la fois théoriques et matérielles, épousant des trajectoires ascendantes qui ont mené, non seulement à l'avènement de la révolution industrielle dans son

parcours exhaustif, mais aussi à l'apparition du Design comme une figuration générale de la vie quotidienne moderne en Europe et aux États-Unis.

Le design, comme objet de conception d'une nouvelle dynamique, réflexion matérielle et pratique, est apparu avec la deuxième période du capitalisme, fondée essentiellement sur et par le contrôle et la massification des comportements du consommateur. Je me suis trouvée face à une déduction : celle de considérer l'étendue de la dynamique du design en général et de celle du design vestimentaire en particulier, comme une mise en œuvre des qualités techniques et fonctionnelles de l'habit minutieusement conjuguée aux défis esthétiques d'une modernité en quête d'une aventure créatrice non seulement illimitée mais, surtout et dans la plupart du temps, incontournable.

A partir des années 70 du siècle dernier, le concept de création a primé sur les recherches en matière du design (aussi bien que dans le champ des arts plastiques). Les chercheurs se sont trouvés enclins à la décomposition des « processus instaurateurs » des produits-design. Ils supposent que l'étude objective des processus de création mène à un meilleur savoir-faire quant aux procédures de la conception.

C'est ainsi que l'accent a été mis sur les éléments constitutifs de la dynamique créatrice, dotée d'un mouvement processuel spécifique. Celui-ci ne se limite pas uniquement à une mise en forme des apparences, mais il s'agit d'imaginer le produit ou le service qui fera la différence sur le marché de la concurrence et qui répondra au profil du consommateur.

Le XX^{ème} siècle, suite aux deux grandes guerres et aux mouvements de libérations des révolutions intellectuelles et artistiques, des dynamiques sociales libres et libertaires, aussi bien que du nouveau mode de vie quotidienne, celui des nouvelles technologies, a libéré les dernières citadelles qui ont longtemps privé le corps des femmes et des hommes de décharger leurs énergies et de longuement les refouler. La voie de la créativité s'en est trouvée libérée.

Dans le contexte susdit, « Le système de la mode » est confortablement installé.

Étant un des volets les plus représentatifs du design industriel, la mode a continuellement intégré une systémique incontournable et dans l'espace et dans le temps. En développant mon sujet, j'ai bien remarqué que la « Mode », en tant que système et non pas en tant que

phénomène, a toujours favorisé l'évolution du design textile sous sa forme de design vestimentaire qui n'est que l'évolution processuelle du travail des créateurs textiles, des stylistes, des couturiers et notamment celui du regroupement de plusieurs disciplines scientifiques et sociales.

Au cours du XX^{ème} siècle, le croisement entre la mode en tant que système bénéficiant des développements technologiques et les effets néfastes qui ont affecté la structure psychique profonde des européens, suite aux dommages causés par les deux grandes guerres, a engendré une nécessité existentielle, celle de transformer les corps, et notamment ceux des femmes, en un support de libération, de plasticité et d'une nouvelle esthétique. En effet, le croisement en question associé à l'avènement des nouvelles technologies et notamment celle de la communication demeurera au cœur de notre recherche.

Aujourd'hui, les créateurs œuvrent à travers la mise en place de nouveaux besoins pour les usagers à partir d'une collaboration avec les ingénieurs textiles et les chimistes, en vue de la création de nouveaux tissus qui comportent eux-mêmes leurs propres fonctions, répondent aux attentes du consommateur actuel du point de vue de son confort, de sa sécurité et de son bien-être. C'est une véritable révolution pour le XXI^{ème} siècle puisque les matériaux textiles peuvent être qualifiés de multifonctionnels grâce à leur capacité d'adaptation à leur environnement en devenant à la fois évolutifs, adaptatifs voire en quelque sorte "intelligents".

Les textiles que nous évoquerons, suite aux recherches faites d'une part, et à notre aspiration d'autre part, sont les textiles dits « techniques » ou « à usage technique », et qui sont des produits qualifiés d'une contemporanéité certaine, dans la mesure où ils sont capables de répondre à des « besoins de performances spécifiques », étant donné qu'ils sont organiquement composés d'éléments techniques de haute performance élaborés pour répondre à des besoins contemporains inexistants par le passé, à l'instar de :

- Les « cosméto-textiles » (la micro encapsulation) dans le domaine de la santé et de l'hygiène de vie.
- Les « imper-respirant » dans le domaine des sports et des loisirs.
- Les « antitout » et les « auto-tout » dans le champ de la vie quotidienne.

Notre approche n'aborde pas seulement l'intelligence en termes de création ou de production de nouvelles fibres et de textiles techniques et fonctionnels, mais également en termes de propositions et surtout de conditionnement de toute une vie.

Les enjeux sur quoi portent notre réflexion ainsi que notre projet, tournent autour d'une idée centrale : amener les nouvelles technologies à intégrer le textile vestimentaire afin de faciliter la vie humaine et la conserver tant que possible, contre la décomposition générale du système écologique d'une part, et de la saturation dépressive de la vie quotidienne d'autre part. Cette condition intentionnelle de recherche sera appliquée au champ de la quotidienneté les plus familiers et les plus nécessaires à l'humain.

DEUXIEME PARTIE

Le textile à l'ère des technologies numériques

Depuis tous les temps, l'évolution de l'habillement correspond à l'évolution de des techniques qui l'ont influencé, lié à sa création, à sa fabrication et à son processus de production. Depuis toujours, la technique vient supporter le vêtement c'est ce qui lui donne des fonctions et des attribues particulières. Nous pouvons constater que le vêtement a été alors technicisé de tous les temps. Avec l'avènement des technologies du numérique (la technologie étant la somme des techniques), la transformation du domaine du textile et du vestimentaire par le numérique a influencé le vêtement de plusieurs manières. Ce qui se pose comme nouveauté à l'ère numérique c'est spécifique aux technologies de cette époque et c'est ce qui allait surement modifier, d'une certaine manière, les fonctionnalités des vêtements. Nous ne parlons plus de fonction seulement mais de fonctionnalités puisque le vêtement s'est transformé en vêtement technologique. Ainsi, il opère un usage radicalement différent de ce qui a été jusqu'à lors travaillé. Le vêtement devient capable d'opérer de nouvelles interactions et d'entretenir de nouveaux rapports, relations entre lui, son porteur, les autres et l'environnement. Ce qui s'ouvre comme potentiel nouveaux dans la création des vêtements électroniques c'est dû à la technologie et aux propriétés de la technologie de l'ère numérique. De nouvelles pratiques et une nouvelle approche de conception et de réalisation des textiles contemporains s'œuvre en conséquence donnant naissance à une nouvelle génération de textiles doté de capacité intelligente.

Chapitre 1 : Évolution des technologies numériques pour une éventuelle intégration dans le textile

Aujourd'hui on parle de connexion entre électronique, et informatique pour indiquer « l'ère numérique » dans laquelle nous nous trouvons. Les technologies du numérique sont alors dus à l'évolution du domaine de l'électronique et de l'informatique : « *La troisième révolution industrielle marque une nouvelle ère. Les ressources se font plus rares, les productions se délocalisent et de nouvelles puissances émergent. Le modèle se renouvelle par l'apparition d'une économie centré non plus sur la vapeur et sur l'électricité, mais sur l'électronique donnant corps aux "nouvelles technologie de l'information"* »[247]. La révolution technologique numérique, appelée également « révolution technologique », a engendré des progrès d'une ampleur révolutionnaire dans de nombreux domaines de la

[247] Frédéric Scibetta, Yvon Moysan, Eric Dosquet, et Frédéric Dosquet, *L'internet des objets et la data : l'intelligence artificielle comme rupture stratégique* (Malakoff : Dunod, 2018).

science et de la technologie. Certains développements tels que les ordinateurs, la communication (fil et sans fil), la programmation ont transformé d'une manière générale notre monde et d'une manière particulière la vie des êtres humain dans la société. Il s'agit de créer par les technologies de nouvelles manières d'interagir avec autrui, de communiquer et d'échanger à travers l'espace et le temps. D'après les analyses de l'historien François Jarrige, la « révolution numérique », ne se limite pas seulement à l'avènement de la technologie (invention de l'ordinateur et l'apparition des réseaux informatiques) mais dépasse ces faits associés vers l'instauration d'un mouvement de pensée techno critique pour établir la notion du progrès technique et vers une instauration du concept du progrès[248].

Il s'agit de montrer dans cette partie les progrès révolutionnaires qu'ont connus les domaines de l'électronique et de l'informatique. D'une part, nous allons expliquer que la miniaturisation des composantes électroniques va permettre de donner lieu à des microsystèmes qui pourront être embarqués dans différents dispositifs portables afin de les rendre numériques - voire technologiques : « *L'électronique ne cesse de se miniaturiser et une pléiade d'appareils variés occupe une place de plus en plus importante dans notre vie quotidienne* »[249]. Ainsi, la variation des systèmes embarqués donne lieu à la recherche de nouvelles formes d'interactions homme-machine. D'autres pat, nous allons montrer l'évolution des méthodes qui vont permettre d'exécuter des programmes de manière automatique au départ par les automates et les ordinateurs et par là ensuite de transposer cette logique dans le but de créer des dispositifs portables communicants qui permettent d'interagir avec leur porteur et même avec l'environnement.

Mark Weisser a été le premier à dire que le devenir des nouvelles technologies et particulièrement l'informatique se retrouvera envahit dans l'environnement. Il affirme que : « *Les technologies les plus puissantes sont celles qui disparaissent. Elles fondent dans le tissu de la vie de tous les jours, jusqu'à ce qu'on ne puisse même plus les en distinguer* »[250]. Cela nous amène à constater que les technologies se rapprochent de plus en plus de notre corps, voire tendent à devenir une extension, un prolongement de celui-ci. D'où certaines recherches commencent à intégrer les nouvelles technologies dans des objets portables qui à leur départ était sous forme d'accessoires qui ont permis d'ouvrir la voie à de nouvelles

[248] François Jarrige, *Techno-critiques : Du refus des machines à la contestation des technosciences* (La Découverte, 2014).
[249] Bramel et Poire, *Mode et Tissus High-tech Fabrics and Fashion*, 134.
[250] Mark Weiser, "*The computer for the 21st Century*", Scientific American Journal (1991): 94-104.

formes d'interaction homme-machine. Puis ils vont migrer vers de nouveau support tel que le textile – le vêtement. Dans une initiative de se rapprocher de plus en plus du corps humain dans une recherche de devenir une extension, un prolongement de lui et qui vont permettre d'assurer des fonctionnalités interactives inédites et développées.

Par conséquence, pour comprendre mieux le fonctionnement des E-textiles et leur rapport avec le monde de la technologie, il est nécessaire de connaître brièvement l'histoire du domaine de l'électronique et du domaine de l'informatique : de la technologie de l'information et de communication et de leur évolution à travers certaines découvertes et inventions réalisées par les pionniers du domaine. Ainsi, quelques notions de base nous sont utiles dans notre travail de recherche et d'analyse sur les textiles électroniques et intelligents. Ce chapitre donne une vue d'ensemble des différentes technologies qui constituent la base de l'évolution numérique et il comporte deux parties.

Une première partie introductive sur la révolution technologique numérique au niveau de la miniaturisation et de la discrétisation des circuits, des appareils et des composantes électroniques et au niveau du progrès des technologies de l'information et de la communication liées au traitement des données et d'interfaces de programmation. Pour cela, nous nous référons aux inventions phares dans ces domaines. Nous allons approcher l'évolution numérique vers la programmation des machines, l'évolution chronologique de l'électronique, vers les premiers ordinateurs, la miniaturisation de l'électronique vers les micro-ordinateur et jusqu'à l'invention des systèmes embarqués qui peuvent être intégrés dans n'importe quel objet tel que le substrat textile dans le but de le rendre numérique. Ces dispositifs vont changer l'usage des interfaces classiques vers une nouvelle reconfiguration.

Une deuxième partie sera consacrée au concept de la portabilité. Nous commençons d'abord par expliquer l'origine du phénomène et exposer le contexte historique des « wearables technologies », les technologies portables à travers les premières apparitions de cette notion. Dans un second lieu, nous allons montrer les premières traces de création des objets numériques portables vers une recherche de nouvelles formes d'interaction homme-machine. Certains précurseurs, essentiellement Steve Mann, ont réalisé de grandes recherches en « Werable Computing » vers l'instauration du concept de la communication. Ces initiatives vont être un point de départ historique qui va influencer par la suite les recherches en textiles électroniques communicants.

A ce sujet, nous nous poserons la question suivante : Quelles sont les nouvelles technologies qui vont permettre la création, le développement et la réalisation des objets numériques portables en général et par des e-textiles en particulier étant notre corpus de recherche ?

1-1- La révolution technologique numérique : source de la notion d'interactivité

Stéphane Vial considère que le numérique est placé dans le prolongement historique des avancées technologiques. Dans son livre l'être et l'écran : comment le numérique change la perception, Vial identifie le « système technique numérique » à travers trois pôles ; l'électronique en tant que phénomène physique, l'informatique en tant que phénomène logique des algorithmes et les réseaux en tant que phénomène qui gère les connexions[251]. En se basant sur ces trois axes, nous allons présenter l'impact de l'évolution technologique numérique vers l'instauration d'une nouvelle culture technique de conception et qui aura des conséquences sur le changement de la perception des objets et des habitudes sociales.

Nous allons développer dans cette première partie l'évolution de la logique des algorithmes dès les premières machines à calcul simple vers les machines programmables capable d'exécuter de manière autonome des tâches prédéfinis. Nous allons aussi expliquer que l'évolution de l'électronique moderne basé sur la miniaturisation des composantes électroniques donnant lieu à l'invention des ordinateurs, puis des micro-ordinateurs et enfin des systèmes embarqués autonome qui pourront être introduit dans des dispositifs mobiles dans le but de les rendre numériques voire "intelligent". Nous allons montrer que l'évolution des protocoles de communication a permis l'apparition de nouveaux dispositifs qui entretiennent cette notion et qui permettent un échange en temps réel entre les individus.

Quels sont les différentes inventions liées à l'évolution des technologies numériques ? Et quels sont les conséquences de la révolution numérique sur le progrès technique d'une part et le progrès social d'autre part ?

[251] Stéphane Vial, *L'être et l'écran : comment le numérique change la perception* (Paris : Presses universitaires de France, 2013).

a. Évolution historique du numérique : vers la programmation des machines

La notion du « numérique » n'est pas récente, elle existe depuis très longtemps. Le terme « *numérique* » vient du latin « *numerus* » et signifie « *représentation par nombres* »[252]. C'est-à-dire que le numérique adopte un raisonnement basé sur le calcul (du latin calculus, petit cailloux)[253], qui renvoi à la première méthode de compter, l'acte de computer (du latin computare, calculer, compter)[254]. Les applications en rapport avec le calcul remontent à une époque très lointaine, commençant à compter avec les doigts puis par les premiers outils à calcul rudimentaire (sable, osselets, cailloux, …). Envi.1750, il y a eu la naissance d'un premier d'outil de calcul plus complexe à base de jeton tel que le boulier (ou abaque)[255]. Ainsi que les premiers algorithmes dates de l'antiquité avec les babyloniens à peu près vers 1800 ans avant J.C[256].

Et depuis, l'homme a commencé à réfléchir à des possibilités qui vont permettre le calcul numérique - de manière automatique à travers la création de machine programmé - automates et des méthodes de codages de données. Ces initiatives marquent le commencement de l'histoire de l'informatique. Les concepts qui se déclinent seront adoptés plus tard comme démarche dans le design du numérique. Le moyen âge date les prémisses : les premières apparitions de l'informatique[257]. Une première machine logique nommé « l'Ars Magna » a été développé par Raymond Lulle vers 1300[258] : « *En actionnant des cadrans, des leviers, des manivelles et en faisant tourner une roue, les propositions et les thèses se déplaçaient sur des guides pour se positionner en fonction de la nature positive (vraie) ou négative (fausse) qui leur correspondait* »[259]. Cette invention a été inspirée du "Zairja" inventé par les arabes, qui est un appareil utilisé par les astrologues afin de produire de façon automatique des raisonnements supposés logiques[260].

---

[252] Christophe Legrenzi, " Informatique, numérique et système d'information : définitions, périmètres, enjeux économiques.", Vie et sciences de l'entreprise 2 n° 200 (2015) : 49-76.
[253] " Calculer ", CNRTL, Ortolang, accessible sur le lien : http://www.cnrtl.fr/etymologie/calculer, consulté le 2 Mars 2020.
[254] Ibid.
[255] " Histoire de l'informatique ", accessible sur le lien : http://briand-lyc.spip.ac-rouen.fr/IMG/pdf/Informatique_final.pdf?fbclid=IwAR28unHLgL9Ok7cD2vy1z_KiXxS4iFNYeb52dkcelXbEFsgeXRBPZa30tU4, consulté le 10 Mars 2020.
[256] Ibid.
[257] " Histoire de l'informatique ".
[258] Université de Barcelone, Qui est Lulle (lire en ligne [archive]), « Principes de l'Art ».
[259] " Histoire de l'informatique ".
[260] Link, David (2010). "Scrambling T-R-U-T-H: Rotating Letters as a Material Form of Thought" [archive], in: Variantology 4. On Deep Time Relations of Arts, Sciences and Technologies in the Arabic–Islamic World, eds. Siegfried Zielinski and Eckhard Fürlus (Cologne: König, 2010): 215–266

Plus tard, vers 1642 apparait la première machine mécanique capable de calculer, nommée au départ « machine d'arithmétique », et en suite « roue Pascaline » avant de lui attribuer le nom de « Pascaline » crée par Blaise Pascal[261]. Elle est considérée comme étant la première machine à calculer. C'est-à-dire une calculatrice mécanique.

Ensuite, il y a eu vers le XVIII[ème] siècle l'invention de la première machine à tissé automatique programmable dans le but de faciliter le travail des tisserons en utilisant des cartes perforées[262]. Il s'agit d'une machine qui prend en charge la production d'une manière automatique à la place de l'homme. Nous pouvons ainsi considérer « *la révolution numérique » comme prolongement de « la révolution industrielle* »[263]. Cette machine a bouleversé les critères de production des textiles à cette époque (voire la section 1). Cette invention numérique a déclenché le premier usage d'une machine doté de mémoire et qui a suscité l'envi d'adopter cette technique progressivement dans d'autres secteurs et applications. A partir de cette invention, le concept de programmation a émergé.

Ainsi, une machine arithmétique à vapeur inspiré de l'association de la machine programmable de Jacquard, et de la machine à calculer de Pascal a été conçue par Charles Babbage. Cette nouvelle invention est capable de résoudre des équations algébriques ce que lui donne un aspect proche à un véritable ordinateur. Cette invention a énoncé le principe d'un ordinateur mais elle est restée dans le stade du prototypage par manque de financement[264].

La mathématicienne Ada Lovelace a participé à cette invention à travers l'écriture d'un algorithme permettant le traitement des opérations mathématique. Elle est considérée comme étant la première programmeuse qui a formaliser la notion d'algorithme à travers son invention le premier langage de programmation informatique au monde portant son nom "Ada" [265].

Depuis lors, les bases de la technologie numérique que nous utilisons aujourd'hui se sont créer à travers cette combinaison entre le calcul et la programmation dans une ère ou

[261] " Histoire de l'informatique ".
[262] Ibid.
[263]Aymeric Bourdin, " Le numérique, locomotive de la 3e révolution industrielle ", *Ellipses*, 2013.
[264] Marie D'udekem-Gevers, " La Machine analytique de Charles Babbage, jalon fondamental de l'histoire des automates à calculer ", Actes du colloque " L'automate. Enjeux culturels, historiques et techniques septembre 2012 " (Suisse : Université de Neufchâtel, 2014).
[265] Vicenç Torra, " Del ábaco a la revolución digital : algoritmos y computación ", 2010.

l'ordinateur était encore un simple concept – encore une idée. La programmeuse Ada, a annoncé qu'à cette époque la machine n'est capable que d'exécuter les tâches qui lui sont ordonné par le programme prédéfinis. Elle n'est pas encore possible pour la machine d'interagir toute seule d'une manière anticipée[266].

L'invention de la logique binaire 0 et 1 par Georges Boole en 1847[267], a changé le monde de manière considérable. Le calcul logique Booléen, a fondé les premières traces de l'ère numérique, en transformant les variables mathématiques vers le choix entre deux options : vrai / faux, oui / non. Autant, le mathématicien Charles Sanders Peirce a remarqué en 1867 que la logique binaire ressemble beaucoup au fonctionnement des interrupteurs d'un circuit électrique.

Cette idée a été expérimenté par le chercheur Claude Shannon en 1930, qui a prouver qu'il est possible d'effectuer des opérations logiques à travers le changement d'état d'un interrupteur de "fermer = 1= vrai" à "ouvert = 0 = Faux" [268].

Ce qui a engendré l'état : activé/désactivé pour d'autres système.

Cette logique a été adoptée plus tard comme un type de données essentielles dans la programmation des logiciels qui contrôle au départ les ordinateurs et plus tard les autres types de dispositifs numériques tel que le textile.

Aujourd'hui, elle a rendu possible par exemple l'usage des moteurs de recherche d'internet actuelle.

Grâces à ces différentes inventions, le domaine du numérique basé sur l'excusions des programmes par des machines va connaitre un accroissement considérable avec l'évolution du domaine de l'électronique. Quel a été l'impact de l'évolution des composantes électroniques et leur miniaturisation sur l'apparition des premiers ordinateurs ?

---

[266] " Who was Ada Lovelace, the Woman Who Invented Programming? ", *Santex,* consulté le 10 avril 2020, accessible sur le lien : https://santexgroup.com/blog/who-was-ada-lovelace-the-woman-who-invented-programming/

[267] George Boole, *the mathematical analysis of logic: Being an Essay Towards a Calculus of Deductive Reasoning* (Macmillan: Cambridge University Press, 1847), https://doi.org/10.1017/CBO9780511701337.

[268] Martin Andler, " Les mathématiques en partage : Claude Shannon et la théorie de l'information ", The Conversation, le 11 Avril 2016, https://theconversation.com/les-mathematiques-en-partage-claude-shannon-et-la-theorie-de-linformation-57588.

b. Évolution historique de l'électronique : vers les premiers ordinateurs

L'électronique est défini comme étant une : « *[p]partie de la physique et de la technique qui étudie et utilise les variations de grandeurs électriques (champs électromagnétiques, charges électriques, etc.) pour capter, transmettre et exploiter de l'information* »[269]. L'électronique a connu plusieurs étapes dans son évolution à travers l'histoire. Nous allons présenter certaines avancés qui ont marqué la naissance de l'électronique moderne. Nous allons expliquer que les premiers ordinateurs suivis de certaines autres applications innovantes (radio, télévision, appareils photos, …) sont apparus à travers la maturation de certaines inventions de cette époque (Vacuum tube, tube diode, tube triode, transistor, …). Ces inventions marquent le démarrage de l'histoire de l'électronique. Comme nous l'avons constaté, l'électronique s'emploie à transmettre l'information par l'électricité. Après l'électricité, et l'invention de Thomas Edison basée sur le principe de l'ampoule électrique en 1879 utilisant un filament métallique pour faire passer un courant électrique dans un tube à vide, le début du XX^{ème} siècle, date l'ère de l'électronique sans fils et ce depuis l'invention du premier « Vacuum Tube »[270] par l'ingénieur d'électrique Sir John Ambrose Fleming (1849-1945), en 1904[271].

Fleming est connu comme le père du « Vacuum Tube » malgré que La technologie qu'il a utilisé pour son invention a été déjà expérimenté par Thomas Edison[272]. La modification consiste à rajouter une plaque métallique capable de générer un courant électrique. Ce fut alors l'invention de la diode appelée aussi « *valve de Fleming* »[273] ou le tube diode.

En 1939, il y a eu l'apparition d'un premier appareil informatique numérique électroniques nommé "ordinateur ABC", utilisant la logique binaire et des composantes électroniques à la base du « Vacuum tube », « tube électroniques à vide » capable de faire une multiplication à la seconde[274] : « *En 1939, le premier calculateur binaire, ABC, de JOHN Vincent Atanasoff, intègre déjà 4 notions essentielles de l'informatique : l'usage de l'électricité et de*

[269] Gérard Villemin, " *Histoire de l'électronique* ", accessible sur le lien : http://villemin.gerard.free.fr/aScience/Electron/ElecHist.htm, consulté le 15 Avril 2020.
[270] Le Vacuum tube est un dispositif qui contrôle le flux du courant électrique caractérisé par les électrons entre les électrodes métalliques scellées à l'intérieur des tubes.
[271] John Ambrose Fleming, " Instrument for converting alternating electric currents into continuous currents", U.S. Patent Office, 7 November 1904: 684-803.
[272] Jean-Claude Heudin*, Les créatures artificielles : des automates aux mondes virtuels* (Odile Jacob, 2008), 95–96.
[273] Ibid.
[274] " John Vincent Atanasoff: The father of the computer ", *Columbia Education,* http://www.columbia.edu/~td2177/JVAtanasoff/JVAtanasoff.html.

l'électronique comme médium, utilisant du binaire comme une base numérique, utilisant de condensateurs pour la mémoire, calculs à base d'opérations logiques directes. Bien qu'il nous semble aujourd'hui limité (il était capable d'effectuer une multiplication à la seconde), il incarne le passage à un outil beaucoup plus ouvert car doté d'une programmation pouvant varier à chaque nouvelle tâche »[275].

Après trois ans, un autre élément qui est la triode (une diode avec deux électrodes) a été inventé par Lee De FOREST en 1906[276]. Elle est capable de transmettre des signaux pour permettre une communication sans fils.

Cette invention a représenté une percé majeure dans la technologie et a inspiré une série de dispositifs avec des fonctions de transmission.

Pendant la période des guerres mondiales, grâce au développement du « vacuum tube », le besoin des militaires de communiquer entre eux a engendré l'apparition des appareils de radio communication, des radars, …[277]. La radio communication a ouvert la voie à l'élaboration de certains dispositifs électroniques de communication entre le soldat et la base en milieu de guerre permettant d'échanger des données. Certes, dans les premières apparitions des e-textiles communicant sans fils. (Nous allons voir que cette technique a été adopté dans certains exemples tel que le projet "Motherboard" qui figure dans le deuxième chapitre).

Toujours dans un but militaire, il y a eu le développement par le physicien John Mauchly, d'un premier ordinateur entièrement électronique nommé "ENIAC" en 1943 et qui utilise des « tubes à vides » au lieu des interrupteurs l'a rendu capable d'effectuer des calculs plus précis et avec une vitesse plus rapide. Le seul problème consiste dans la reprogrammation de cette machine qui prenait plusieurs semaines[278].

Grâce à ces différentes inventions, il est devenu possible pour une machine d'exécuter toute seule des programmes informatiques préétablie – exécution automatique de l'information

[275] Patrice Mugnier et Kuei Yu Ho, *Design interactif* (Paris : Eyrolles, 2012), 24.
[276] Heudin, *Les créatures artificielles*, 95–96.
[277] Steven W. Ellingson, *Radio Systems Engineering* (Cambridge University Press, 2016),32,
[278] Mary Bellis, " The History of the ENIAC Computer: The Groundbreaking Device from John Mauchly and John Presper Eckert. ", *ThoughCo.,* le 13 Janvier, 2020, https://www.thoughtco.com/history-of-the-eniac-computer-1991601.

donnant lieu à des nouvelles configurations d'outils qui peuvent fonctionner tout seul sans l'intervention de l'humain à cette époque. Cela a ouvert une voie plus large à différentes formes de conceptions et de réalisations d'une nouvelle génération de dispositifs de plus en plus perfectionné et qui entretient cette notion de communication comme concept de base. Il y aura d'autres forme de communication que nous allons analyser plus tard.

Par la suite, une invention clé qui a marqué la révolution électronique et qui a permis la naissance des semi-conducteurs est l'invention des transistors par les Américains John Bardeen, Walter H. Brattain et William B. Shockley en 1947[279] aux Bell Labs[280]. C'est l'invention la plus importante du milieu du 20ème siècle qui va ouvrir la porte à l'avenir du numérique. Les concepteurs ont reçu par la suite en 1956 le prix Nobel pour cette invention. Le transistor a remplacé le système de lampe à vide utilisé précédemment et qui était très volumineux et consommait beaucoup d'énergie et manque de performance. Le transistor sert à deux fonctions : amplification des faibles signaux électrique comme dans la radio et le changement d'état, le passage ou le blocage d'un signal électrique.

L'apparition du "transistor effect" – "effet transistor" marque le début du "modern electronics" – "électroniques modernes" : « *Les progrès extraordinaires effectués dans le domaine des semi-conducteurs depuis quelques décennies ont permis une miniaturisation spectaculaire des produits d'électroniques grand public. L'année 1947 voit la mise au point du premier transistor par John Bardeen, Walter Brattain et William Shockley dans les laboratoires Bell Telephone, préfigurant ce que beaucoup considèrent comme une « seconde révolution industrielle ». A la fin des années 1950, le transistor est si perfectionné qu'il remplace graduellement le tube à faisceaux d'électron, ce qui permet la fabrication d'appareils électroniques plus compacts, telle la première radio à transistors de poche lancé par Sony en 1957 »*[281].

C'est l'invention clé qui a ouvert la voie à la miniaturisation et à une performance meilleure de toutes composantes électroniques. Bien que la taille du transistor soit plus petite que le "Vacuum tube", sa capacité et sa puissance sont plus large et peu consommateur d'énergie. C'est ce qui a ouvert la voie pour produire des machines de plus en plus fonctionnelle et plus

[279] Robert I. Scace, " Electronics ", Encyclopaedia Britannica, le 2 Juin, 2020, accessible sur le lien : https://www.britannica.com/technology/electronics, consulté le 25 Juillet 2020.
[280] Bell Labs : " Bell Téléphone Laboratories ".
[281] Fiell, *Design Handbook : concepts, matériaux, styles*, 122.

petite de taille. Le transistor va devenir par la suite la base de toute notre électronique, notre communication donc de toute notre mode de vie : « *Le développement des applications pratiques suit évidemment le progrès technologique. On a constaté que le transistor est un élément facile à utiliser parce qu'il est petit et qu'il se contente d'une faible tension d'alimentation (pile de lampe de poche). C'est ainsi que le transistor remplace les tubes dans les appareils radio qui dont dès lors devenues beaucoup plus petits. C'est le début d'un phénomène qui ira en s'accentuant toujours davantage de façon spectaculaire : celui de la miniaturisation introduite par l'électronique nouvelle* »[282] qui va devenir l'un des principaux secteurs de l'économie.

Malgré l'apparition des transistors, les prototypes des ordinateurs qui ont suivi cette invention été encore basé sur les « Vacuum tube » qui était moins cher que les transistors[283].

Parallèlement, dans le but de muter vers une « machine universelle », Alain Turing développe la théorie de « l'intelligence artificielle » basé sur un modèle abstrait de fonctionnement intelligent des appareils mécaniques de calcul appelée « Machine de Turing » capable de décrire tout algorithme ou langage de programmation. Ce raisonnement est par la suite emprunté pour développer certaines machines de calcul et principalement l'ordinateur dans le but d'accroitre la capacité de mémoire des machines, d'accélérer leur vitesse de calcul et les programmer d'une manière à les rende intelligent qui était une vision futuriste[284] : « *Avec Alan Turing, les ordinateurs ne sont plus de « simples » machines à calculer, ils devenaient des « machines universelles » capables de tout simuler, y compris l'intelligence humaine. Pourtant, même s'il y a participé plus que tout autre, ce n'est pas lui qui a inventé leur architecture « physique »* »[285].

Le premier ordinateur basé sur le principe de Turing s'appelait "Pilot ACE"[286] inventé en 1950. Il était considéré comme étant le premier ordinateur "personnel"[287], conçu pour exécuter différentes tâches grâce à la programmation plutôt que d'être obligé d'utiliser

[282] F. Hemmer, " Évolution de l'électronique moderne ", Bulletin De La Société Fribourgeoise Des Sciences Naturelles = Bulletin Der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg 63 (1974) : 250.
[283] " Turing's Automatic Computing Engine " , The Turing Archive London's first Computer, accessible sur le lien: http://www.alanturing.net/turing_archive/archive/infopages/london1st.html, consulté le 20 Mai 2020.
[284] Alan M. Turing, " Computing machinery and intelligence ", *MindLIX* n° 236 (1950), 433–460, https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.43.
[285] Heudin, *Les créatures artificielles : des automates aux mondes virtuels*, 95–96.
[286] ACE: Automatic Computing Engine
[287] Jack Copeland, *Alan Turing's automatic computing engine: the master codebreaker's struggle to build the modern computer* (Oxford Scholarship, 2005).

d'autres appareils supplémentaires. Dans ce sens, Turing a déclaré lors d'une conférence sur les machines de calcul numérique que: « "*We are trying to build a machine to do all kinds of different things simply by programming rather than by the addition of extra apparatus*" »[288].

En 1951, un premier ordinateur à usage commercial nommé "UNIVAC1" [289] a été développé par J. Presper Eckert et John Mauchly en 1951[290]. C'est un ordinateur géant, presque de la taille d'une salle contenant des milliers de « Vacuum tube » conçu pour assurer le calcul de manière très rapide. L'innovation consiste à utiliser des nouvelles technologies basées sur l'ajout des périphériques d'entrée et de sortie à la place de la carte perforé et le stockage immédiat des données de ces entrée et de ces sorties[291]. Cette révolution a été un véritable tournant qui a fondé une des bases l'architecture de l'ordinateur moderne. Il est alors considéré comme étant le point de départ de l'industrie des ordinateurs.

La naissance du premier ordinateur sans tube à vide, entièrement transistoré est apparu suite au perfectionnement des transistors. Nommé "TRADIC" [292] a été conçu en 1954 par des ingénieurs de "Bell Labs" et soutenue par l'armée. Les avantages de cet ordinateur sont multiples : Il était moins volumineux grâce à l'utilisation des transistors, il n'utilisait pas autant d'énergie qu'un ordinateur avec tube à vide et le système d'allumage est plus rapide car le transistor prend moins de temps pour se réchauffer[293].

Après le passage des calculateurs à la machine programmable fut l'apparition des premiers ordinateurs suite à l'évolution de la technologie électronique et informatique. A cette époque l'introduction des programmes dans l'ordinateur était effectuée à travers les cartes perforées et les bandes de papiers. C'était la seule manipulation possible. Puisque l'accès est indirect, il n'y avait pas encore une vrai d'interaction entre l'utilisateur et la machine. En 1956, des chercheurs de l'MIT ont essayé de trouver une solution pour une manipulation plus pratique à travers l'idée de pouvoir connecter une machine à écrire à l'ordinateur[294]. La flexibilité des touches de la machine à écrire permettent une meilleure saisie devenant alors une sorte de

[288] Computer History Museum, « Timeline of Computer History », https://www.computerhistory.org/timeline/computers/, consulté le 3 Mai 2020.
[289] UNIVAC: Universal Automatic Computer
[290] History.com Editors, " UNIVAC, the first commercially produced digital computer, is dedicated ", *A&E Television Networks*, le 20 juillet, 2010, https://www.history.com/this-day-in-history/univac-computer-dedicated.
[291] " UNIVAC und die beginnende Computerindustrie ", *Informatik Geschichte*, accessible sur le lien: https://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php-id=106.htm, Consulté le 3 Mai 2020.
[292] TRADIC: TRAnsistorized Digital Computer
[293] M. Riordan and L. Hoddeson, " Crystal fire: the invention, development and impact of the transistor. ", *IEEE Solid-State Circuits Newsletter* 12 (2007): 24-29., https://doi.org/10.1109/N-SSC.2007.4785574.
[294] Computer History Museum, " Timeline of Computer History ", https://www.computerhistory.org/timeline/computers/, consulté le 3 Mai 2020.

périphérique d'entrée de clavier qui a été considérer comme une amélioration incontournable par rapport à la carte perforé. A partir de cette date, le clavier a offert une nouvelle expérience interactive homme- machine. Les autres périphériques d'entrée qu'on utilise de nos jours, tel que la sourie, les interfaces tactiles et la commande vocale n'existait pas encore à cette époque.

Nous allons nous concentrer maintenant sur une recherche de la miniaturisation des composantes qui va donner lieu à des ordinateurs plus petit et plus développé. Ce tournant pourra par la suite inspirer beaucoup d'inventeurs pour le développement de maints dispositifs technologiques dont les e-textiles. Quels sont les inventions qui ont permis d'avancer le phénomène de miniaturisation ? Quel est l'impact de cette technologie de la miniaturisation des composantes électronique sur l'amélioration des ordinateurs personnels ?

c. Miniaturisation de l'électronique : vers les micro-ordinateurs avec interface homme – machine

La remarquable apparition des transistors a engendré le développement des premiers circuits intégrés en 1958 qui ont radicalement changé la nature des circuits électroniques avec la capabilité d'intégration toutes les composantes électroniques dans un seul bloc[295]. Bien que le transistor fût de taille réduite, il était encore lié aux autres composantes plus grandes de taille à travers un fil. Pour cette raison, il y a eu l'idée de fabriquer un seul circuit complet et plus petit qui regroupe toutes composantes sans fil de connexion : « "*With the advent of the transistor and the work in semiconductors generally, it seems now possible to envisage electronic equipment in a solid block with no connecting wires*" »[296]. Cela a amené à réduire la taille des composantes électroniques (tel que les résistances, les condensateurs, …) à base de semi-conducteurs afin de pouvoir mieux les rassembler ce qui les rendait beaucoup plus pratique à produire.

Jack Kilby était le premier à avoir cette idée révolutionnaire de réduire la taille des composants individuels et de mettre au point les méthodes de leur fabrication. L'idée de départ consistait à souder tous ces éléments à un seul circuit imprimé en éliminant le fil

[295] ScienCentral, Inc, and The American Institute of Physics, « *Integrated Circuits* », accessible sur le lien: https://www.pbs.org/transistor/background1/events/icinv.html, consulté le 3 Juin, 2020.
[296] Computer History Museum, " 1958: all semiconductor "solid circuit" is demonstrated ", accessible sur le lien: https://www.computerhistory.org/siliconengine/all-semiconductor-solid-circuit-is-demonstrated/, Consulté le 3 Juin, 2020.

conducteur[297]. Ensuite, à partir de cette idée, Ribert Noyce a pensé en 1959 à la façon de les connecter ensemble sous forme d'une puce d'où l'apparition des « *circuits unitaires* »[298]. Ce qui a amené à la création des premiers circuits intégrés - "Integrated Circuit (IC)".

L'ordinateur a tiré profit de cette nouvelle technologie de miniaturisation lui permettant une réduction considérable de sa taille et une augmentation de sa mémoire. Grâce à l'introduction des premiers circuits intégrés, Bill English a développé le premier micro-ordinateur moderne de petite taille nommé "Xerox Alto" en 1973[299]. Une interface utilisateur graphique qui est l'écran et un périphérique d'entrée qui est la souris ont été déployés pour la première fois dans l'usage de l'ordinateur. Cette invention a transformé l'ordinateur vers un usage public.

L'invention de la souri datait déjà de 1963 par Douglas Engelbart[300] et qui a été inspiré du "Planimètre" qui est un appareil mécanique de mesure. L'idée consistait à déplacer un pointeur sur un écran d'ordinateur selon les cordonnée XY[301]. Par la suite Bill English, a amélioré le design de la sourie en inventant la boulle de sourie remplaçant la roue et capable de suivre le mouvement dans n'importe quelle direction. Son invention de l'ordinateur "Xerox Alto" a donné la voie à la première utilisation de la souris [302].

Tandis que l'invention de l'écran de l'ordinateur a été une révolution qui va ouvrir la voie à l'interaction entre l'homme et la machine et qui n'était même pas établi à ce temps-là : « *Aussi l'histoire de l'interaction homme-machine (IHM) débute réellement au début des années 1960 avec les travaux pionniers de Ivan Sutherland sur SketchPad, qui ont montré comment un opérateur pouvait interagir en temps réel avec une machine exécutant un logiciel* »[303]. Et depuis l'apparition du domaine d'interaction homme-machine, cette notion concernait au départ les ordinateurs puisqu'il y avait le besoin de simplifier la méthode d'interaction – usage entre un simple utilisateur et l'ordinateur qui était conçu au départ seulement pour être utilisé par des spécialistes et des experts de ce domaine.

---

[297] History Computer staff, « Integrated Circuit », accessible sur le lien : https://history-computer.com/circuit-ic/, consulté le 3 Juin 2020.
[298] ScienCentral, Inc, « *Integrated Circuits*».
[299] Gerard O'regan, *World of Computing: A Primer Companion for the Digital Age* (Allemagne: Springer International Publishing, 2018), 61-63.
[300] Gauthier Caizergues, " L'évolution de la souris d'ordinateur ", Journal du net, le 26 Juin, 2019, accessible sur le lien : https://www.journaldunet.com/solutions/dsi/1439758-l-evolution-de-la-souris-d-ordinateur/, Consulté le 15 Avril 2020.
[301] Tech Time, "Invention de la souris", accessible sur le lien : https://tech-time.fr/invention-de-la-souris/, consulté le 15 Juin 2020.
[302] Therese Naber, *TheHow the Computer Changed History* (USA: Abdo Publishing, 2015), 67.
[303] Michel Beaudouin-Lafon, " 50 ans d'interaction homme-machine : retours vers le futur ", le 1 Juillet, 2016, accessible sur le lien : https://interstices.info/50-ans-dinteraction-homme-machine-retours-vers-le-futur/, consulté le 12 Juin, 2020.

Puis elle s'est étendue vers toutes le formes de conception des technologies de l'information : « *Aujourd'hui, la notion d'IHM s'est largement ouverte à des nouveaux protocoles. L'écran est devenu surface tactile, simultanément périphérique de contrôle et de visualisation* »[304]. Et depuis, les interfaces utilisateurs se sont multipliés d'une façon considérable et ont évolué vers de nouvelles configurations plus développées surtout avec la notion de portabilité au départ et beaucoup plus tard à travers le phénomène "IoT : internet of Things" c'est-à-dire l'internet des objets[305]. (Nous allons développer cette idée dans la section 3).

A partir de l'invention du "Xerox Alto", les ordinateurs ont évolué vers des versions plus petites et plus avancés et qui doté d'interface graphiques, de clavier et de souris. Ce qui a poussé les grandes entreprises comme "Apple" et "IBM" à améliorer la conception de ordinateurs vers un usage de bureau surtout suite au développement des micro-processeur. Plus tard, des versions portables vont remplacer l'ordinateur de bureau suite à l'introduction d'une dynamique de portabilité. Cette évolution va changer progressivement l'interface souris/clavier en intégrant de nouveaux périphériques d'entrée pour diverses applications.

L'évolution du concept des circuits intégrés et la maturité des révolutions technologiques à cette époque ont permis l'apparition de beaucoup de nouvelles entreprises spécialisées dans le développement des circuits intégrés telle que Intel qui a inventé et fabriqué en 1971 le premier micro-processeur sur un seul circuit nommé "4004" qui contient 2300 transistors dans une seule puce[306]. Cela a ouvert la voie à la production d'autres séries de micro-processeur (8080, 8085, pentium séries jusqu'au séries i actuelle)[307] : « *Le microprocesseur regroupe, sur un seul circuit intégré, tous les transistors constituant le processus, c'est-à-dire l'élément qui traite les données et exécute les instruction*s »[308]. Le micro-processeur forme également la partie la plus importante du circuit intégré. Il constitue la mémoire du système et tente d'effectuer les calculs nécessaires et á suivre un protocole d'exécution spécifique.

Comme un système d'exploitation d'un circuit intégré, il permet aux différents composants d'interagir les uns avec les autres.

---

[304] Mugnier, et Ho, *Design interactif*, 27.
[305] Iot : Internet of Things : internet des objets
[306] Omnisci, "Embedded systems", accessible sur le lien : https://www.omnisci.com/technical-glossary/embedded-systems, consulté le 30 Mai, 2020.
[307] Robert I. Scace, "Electronics", Encyclopædia Britannica, le 2 Juin, 2020, accessible sur le lien : https://www.britannica.com/technology/electronics.
[308] Timeline : chronologie de l'informatique

Depuis cette invention, une série de développements des micro-processeurs en termes d'intégration de grand nombre de transistors et de réduction de la taille n'a cessé d'évoluer et cela parallèlement avec l'amélioration de la puissance de calcul et de la rapidité d'exécution. Aujourd'hui un microprocesseur Pentium comporte (à peu près) des millions de transistors et peut assurer le traitement de données nombreuses en même temps. La puissance des microprocesseurs, aujourd'hui, a orienté leur utilisation vers le traitement des informations de masse, des algorithmes de complexité de haut niveau, du calcul scientifique ainsi que de tout ce qui est interface homme machine réactif (clavier, souris, écran, etc.). Ainsi, comme nous pouvons le constater, le domaine d'application des microprocesseurs reste vaste. Les microprocesseurs sont basés sur les systèmes numériques logiques intégrant de l'électronique (des portes logiques à base des transistors), ce qui fait souvent apparaitre des fonctions ayant pour rôle le traitement des informations : opération arithmétique (addition, multiplication, soustraction etc.) ou logiques (ET, OU, etc.) entre plusieurs signaux d'entrée permettant de générer des signaux de sortie. Ces fonctions peuvent être réalisées par des circuits intégrés.

Le micro-processeur est considéré comme étant le cerveau d'un ordinateur et qui communique avec les autres périphériques qui lui sont connecté. Nous allons expliquer le fonctionnement de l'ordinateur pour mieux comprendre les fonctionnalités qu'on peut utiliser dans d'autres applications spécifiquement dans les e-textiles.

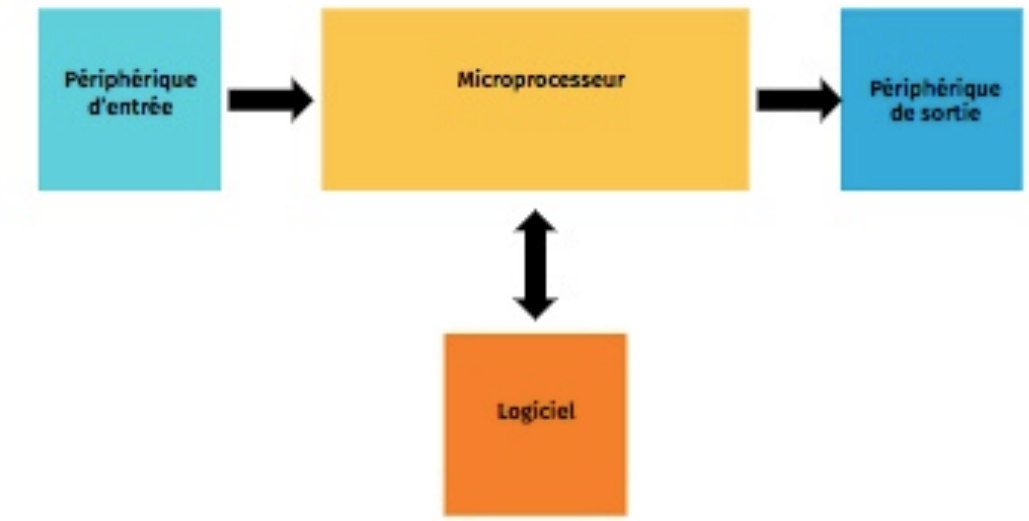


Schéma 1. Schéma d'architecture basique d'un ordinateur

Un ordinateur est un ensemble d'éléments en interaction entre eux. Celui-ci se divise en deux parties : le Hardware et le Software. Le Hardware est constitué par les éléments physiques de la machine tandis que le software par la programmation. Les éléments indispensables sont :

- L'unité centrale basée sur le micro-processeur qui exécute les données reçues par les périphériques d'entrée.
- Les périphériques d'entrée : le clavier et la souris sont les éléments essentiels, et plus tard il y aura des éléments optionnels conçu pour certaines utilisations (la manette de jeu, la webcam, etc…).
- Les périphériques de sortie : l'écran, les haut-parleurs, l'imprimante, …
- Le logiciel / le Software : ce sont les programmes ou instructions qui indiquent au matériel ce qu'il faut faire et qui fournissent sous forme d'instructions, l'enchainement des opérations à exécuter pour répondre à un problème donné. On distingue deux types de logiciels :
    - Les systèmes d'exploitation (Windows, Android, MacOs, Linux, …). Ceux-ci contrôlent le fonctionnement des différents éléments matériels et ils sont responsable de la gestion des fichiers, des processus, des réseaux, des périphériques, etc.
    - Les logiciels d'application qui sont des programmes développés pour les utilisateurs afin de faciliter les tâches spécifiques comme le traitement des textes, vidéos, audio.

Enfin, le développement de ces composants programmables a été rendu possible grâce à l'essor considérable qu'a connu la microélectronique et notamment leurs nouvelles techniques de leur intégration dans l'ordinateur. Nous allons projeter le fonctionnement d'un ordinateur classique vers la possibilité d'avoir un système similaire, mais qui sera plus petit et plus compact avec d'autres applications (telles que les dispositifs technologiques portables en premier lieu et les e-textiles en deuxième lieu) et qui ont changé la manière dont nous interagissons avec eux.

Comment peut-on transféré les technologies du numérique dans certains dispositifs ? Quels sont les méthodes qui nous aide à transformer ces technologies en une forme d'utilisation portable significative ?

d. " Wearable electronics " : vers un Système embarqué

Après que l'ordinateur « traditionnel » a été conçu pour un usage général, le souhait de développer des appareils numériques qui fonctionne avec le même principe mais pour des tâches bien spécifiques - bien définis a amené à concevoir des systèmes embarqués intégrable dans des certains dispositifs afin de les rendre technologique et capable d'exécuter ces tâches de manière autonome. Ainsi le système embarqué est « *[u]n système électronique et informatique qui se trouve au sein d'un produit plus large. Son but premier consiste à traiter de l'information reçue depuis son environnement pour en faire profiter le produit hôte qui l'héberge* »[309].

De ce fait, le « système embarqué » est un système qui fonctionne généralement à base d'un microprocesseur et d'un logiciel : "software" et "hardware" et qui permet d'exécuter une fonction bien spécifique que ce soit en tant que système indépendant, ou encore en étant intégré dans un système plus large. Ce système est capable de faire des opération (calcule, analyse, raisonnement) en temps réel : « *On qualifie de " système embarqué ", un système électronique et informatique autonome dédié à une tâche précise, souvent en temps réel, possédant une taille limitée et ayant une consommation énergétique restreinte* »[310].

La complexité du système embarqué vari selon l'application, tout dépend de la tâche à exécuter. Il pourra alors être intégré soit dans des systèmes sans interface utilisateur, soit encore dans des interfaces graphiques[311].

Généralement, la structure de base d'un système embarqué est constituée de[312] :

- Un capteur : capable de mesurer une grandeur physique extraite de l'environnement qui l'entoure et la convertir en signal électrique. Ces données pourront être interprété par un utilisateur ou par d'autres composantes électronique tel que le convertisseur analogue

[309] Uko, " Le système embarqué ", accessible sur le lien : https://www.ukonline.be/cours/embeddedsystems/programming/chapitre1-1, consulté le 10 Juillet, 2020.
[310] Nathalie Mayer, " Système embarqué : qu'est-ce que c'est ? ", *Futuratech*, accessible sur le lien : https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/technologie-systeme-embarque-15282/, consulté le 20 Juillet 2020
[311] Omnisci, " Embedded Systems ", accessible sur le lien : https://www.omnisci.com/technical-glossary/embedded-systems, consulté le 10 Juillet, 2020.
[312] Ahmed Khamis, Dawid Zydek, Grzegorz Borowik and Desineni Subbaram Naidu, " Control System Design Based on Modern Embedded Systems ", EUROCAST (2013).

digital « A-D converter » capable de convertir le signal analogique envoyé par le capteur en signal numérique.

Nous pouvons constater que le capteur remplace les périphériques d'entrée d'un ordinateur comme la souri et le clavier qui peuvent être sous forme de bouton de commande ou antenne par exemple ou en général, des capteurs de température, d'humidité, …

- Un contrôleur : il est capable de transformer le signal numérique en commande d'une action exécutable selon l'algorithme associé.

Nous pouvons constater que le contrôleur remplace l'unité centrale d'un ordinateur, qui est le cerveau capable de contrôler la détection et la réaction.

- Un actionneur : est capable d'exécuter les commandes ordonnées par le contrôleur et converti par le « DA converter » qui seront sous forme de sortie pour l'environnement.

Nous pouvons constater que l'actionneur remplace les périphériques de sortie d'un ordinateur comme l'écran d'où l'apparition d'une variété d'interfaces par exemple ou encore des moteurs, des LEDs, des baffles …

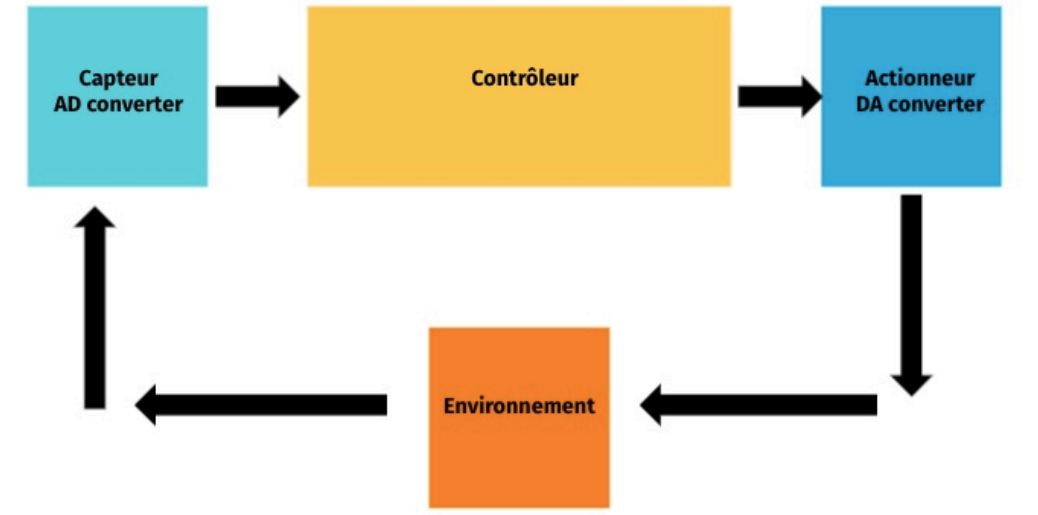


Schéma 2. Schéma d'une structure générale d'un système embarqué

Toutefois, lorsqu'il s'agit d'un système embarqué, il est alors nécessaire de réaliser un ensemble important de traitement d'informations. Pour cette raison il devient plus simple de faire appel à une structure à base de microcontrôleur, également appelé mini-ordinateur ou

ordinateur sur une seule puce. Ainsi, dans le but d'améliorer la composition des systèmes embarqué, "the National Engineering Manufacturers Association" a lancé une nouvelle standardisation de microcontrôleur programmable[313]. Il s'agit d'assembler les systèmes d'entrée et de sortie (E/S) ainsi que le système de mémoire avec le microprocesseur dans une seule puce SOC[314] en 1980[315]. Elle est conçue pour effectuer des tâches spécifiques définies par l'utilisateur et qui donnera la voix à la production des appareils mobiles – portables programmables au futur.

La possibilité d'avoir un système complexe programmable dans une seule puce miniature (micro puce) a ouvert la voie à beaucoup de création et de réalisations de différents types de dispositifs intelligents dans différents domaines d'applications. Ce qui a permis au système embarqué à base de microcontrôleur de s'introduire dans tous les aspects de la vie quotidienne ouvrant la voie à la réalisation de différentes catégories de dispositifs portables réduit en taille. Cette discrétisation a touché même le secteur du textile et du vestimentaire à travers la grande recherche sur la miniaturisation des composantes électronique adéquates ainsi que leurs différentes méthodes d'intégration afin de donner vie au textile / vêtement électronique à base d'éléments greffables (systèmes embarqués) sur le vêtement. (Nous allons nous approfondir dans cette réflexion dans le deuxième chapitre de cette section)

Pour conclure, depuis l'apparition des premières composantes tel que les transistors, les circuits intégrés, le microprocesseur et enfin le microcontrôleur, des recherches se font de jour en jour dans le but de réduire la taille des ordinateurs et accroitre leur performance. Le développement et amélioration des systèmes embarqués, pour une meilleure intégration, va permettre de fabriquer une large catégorie d'objets électroniques pour le militaire, l'industrie et le grand public. Ces inventions auront lieu grâce à la miniaturisation et la discrétisation des composantes et la flexibilité de la communication entre les différentes parties des systèmes. La miniaturisation des composantes est celle qui a permis de développer des appareils électroniques compacts et peu coûteux, ce qui a rendu l'ordinateur de plus en plus petit d'où la possibilité de l'intégrer dans des objets portables ouvrant la voie à une nouvelle forme d'interaction. D'où une nouvelle génération de dispositifs technologiques portables commence à émerger depuis le début du XX^{ème} siècle suite à la prolifération de la révolution

[313] Omnisci, « Embedded Systems », https://www.omnisci.com/technical-glossary/embedded-systems, consulté le 30 Juin, 2020.
[314] SOC: System on chip
[315] Omnisci, « Embedded Systems ».

numérique : « *Le développement du numérique conduit à s'interroger sur les possibilités d'échange temps réel entre l'homme et l'ordinateur. La notion d'interface homme-machine (IHM) définit les moyens mis en œuvre afin que l'humain puisse communiquer avec un système informatique. Cet aspect fondamental du numérique est à la source de la notion d'interactivité* »[316]. Cet échange peut prendre de nouvelles formes plus pratiques et modernes et qui suit l'ère du temps.

Cette partie creuse dans l'évolution de la notion d'interactivité et d'échange entre l'homme et l'ordinateur, l'homme et la machine suite au développement du numérique. Quels sont les nouvelles possibilités d'échange entre l'homme et l'ordinateur / machine ? Quels sont les moyens qui ont permis l'ouverture de la notion de l'interaction homme- machine vers de nouveaux protocoles de communication ?

e. " Ubiquitous Computing ", " informatique ubiquitaire " : évolution de l'interaction homme-machine :

Comme on l'a pu constater à travers notre examen de l'évolution des technologies du numérique, à leur début les ordinateurs étaient gros, rares et peu nombreux donc l'usage d'un seul ordinateur était destiné pour plusieurs personnes. Les développements des ordinateurs jusqu'aux années 1990 visent les ordinateurs à usage commun puis la taille à diminuer vers les ordinateurs à usage personnel : *« […] l'unité centrale de la fin des années 1950, qui occupait une pièce entière se réduit au début des années 1980 à l'ordinateur de bureau pour rétrécir encore au début des années 1990, début de l'ère des portables »*[317]. Il s'agit d'une nouvelle génération d'ordinateurs plus petits et plus puissant suite à la propagation des ordinateurs portables. L'évolution de la technologie du numérique au cours du dernier demi-siècle a fait apparaitre une nouvelle génération de dispositifs technologiques qui ont pris la place des ordinateurs et qui ont changé la manière de nous interagir avec lui. On parle aujourd'hui d'ordinateur omniprésent et invisible qui prend la forme de différents nouveaux dispositifs numériques qui intègrent des systèmes embarqués : *« La technologie révolutionnaire des micropuces permet elle aussi de fabriquer des appareils plus compacts, donc plus facile à manier, à transporter et à stocker »*[318]. L'homme possède aujourd'hui un grand nombre de petits dispositifs qui n'occupe plus l'espace comme les ordinateurs

[316] Mugnier et Ho, *Design interactif*, 27.
[317] Fiell, *Design Handbook: concepts, matériaux, styles*, 122.
[318] Ibid.

classiques et ceci a changé notre rapport avec eux voire notre façon de les apercevoir et d'interagir avec eux. Ces dispositifs sont devenus disponibles à tout moment, en tout lieu. L'utilisateur est en mesure d'utiliser simultanément plusieurs dispositifs sans se rendre compte contrairement à l'usage traditionnelle d'un seul ordinateur par un seul utilisateur. Ainsi le rapport a changé et a passé d'un seul ordinateur à plusieurs utilisateurs vers plusieurs dispositifs par un seul utilisateur [319].

Ceci a œuvré à l'apparition de l' « informatique ubiquitaire », appelé en anglais, « Ubiquitous Computing » : (UC), cinquième paradigme de l'interaction homme-machine[320]. La notion, le concept de l' « informatique ubiquitaire » est un changement paradigmatique de l'évolution de l'interaction homme - machine qui a été prédit - imaginé il y a une vingtaine d'année vers 1991, par Mark Weiser et John Seely Brown[321]. Mark Weiser, considéré comme étant le père de l'ubiquitaire a prédit que les développements technologiques vont repenser l'ordinateur et apporter de nombreuses applications mobiles de taille plus petite et qui occupe moins d'espace[322]. Cette transformation dans la nature des ordinateurs va impacter de manière ou d'une autre la manière dont les humains interagissent avec eux. Cela va œuvrer à ce que l'informatique va devenir omniprésente et accessible à tous, tout le temps et partout.

Toutefois, le terme "ubiquitaire" est un mot latin qui signifie "à tout moment et en tout lieu" ou "existe simultanément". Donc, cette expression décrit un scénario futuriste qui soutient l'idée qu'un ordinateur peut être invisiblement intégrés dans des objets du quotidien ce qui les rend "intelligent" c'est à dire capable de performance (de communication). Il s'agit donc de placer l'informatique dans des objets – dispositifs électroniques capable de communiquer et d'échanger les informations entre eux[323].

L'apparition et la propagation du terme « informatique ubiquitaire » est l'un des enjeux de demain venu suite au besoin d'améliorer l'expérience humaine et la qualité de vie. Ce terme est actuellement utilisé pour décrire un environnement informatique dans lequel les utilisateurs peuvent communiquer des informations à l'aide de n'importe quel dispositif sur

[319] Dan Saffer, *designing for Interaction: Creating Smart Applications and Clever Devices* (New Riders, 2007),214-215.
[320] Marija Andonovska, *E-textiles:* " The intersection of computation and traditional textiles, Interactive Sample Book ", (Mémoire de M. A. Medialogy, Aalborg University Copenhagen, 2009).
[321] Les ingénieurs de Xerox Mark Weiser et John Seely Brown ont été les premiers à proposer l'idée d'une « l'informatique omniprésente ».
[322] Mark Weiser, " The computer for the 21st Century ", Scientific American Journal (1991), 94-104.
[323] Marc Weiser, Rich Gold and John Seely Brown, " The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s ", IBM Systems Journal38, n° 4 (1991), 693-696, https://doi.org/10.1147/sj.384.0693.

n'importe quel réseau et où les informations sont transmises selon la méthode optimale car le contexte des exigences des utilisateurs est reconnu de manière autonome alors que les utilisateurs n'en sont pas conscients[324]. Ces nouveaux dispositifs ont permis de créer de nouveaux protocoles de transmission des données : « *L'informatique ubiquitaire est une vision du futur proche, dans laquelle un nombre croissant d'appareils (capteurs, processeurs, actionneurs) inclus dans divers objets physiques participent à un réseau d'information global. La mobilité et la reconfiguration dynamique seront des traits dominants de ces systèmes, imposant une adaptation permanente des applications. Les principes d'architecture applicables aux systèmes d'informatique ubiquitaire restent encore largement à élaborer. L'informatique ubiquitaire a donc pour objectif d'intégrer les technologies informatiques au quotidien de l'homme le plus simplement possible. Plus précisément, elle devrait rendre familier et instinctif l'outil informatique et en faciliter l'utilisation dans de nombreux domaines tels que l'information, la formation, le transport ou encore la médecine.* »[325]. L'information peut être utilisée de plusieurs manières. Ceci résume les avantages de l'informatique omniprésente. Le but de l'infrastructure logicielle pour l'informatique omniprésente est de récupérer des informations de notre monde réel qui n'auraient pas pu être rendues disponibles auparavant, et de contrôler de nombreuses choses quotidiennes qui ne pouvaient pas être contrôlées auparavant en utilisant simplement des objets - ordinateurs[326].

Dans l'ère du numérique, les systèmes embarqués intégrés seront partout certes dans des substrats souples et flexibles tel que les vêtements envisageant l'apparition de nouveaux modes d'utilisation. Ce qui importe c'est de ne pas se contenter d'un examen des nouveaux usages prescrits par l'E-textiles mais d'élargir la réflexion aux manières nouvelles de se "comporter dans le monde" autant que "d'être-et-de-vivre-au-monde". Dans le contexte des textiles intelligents, l'informatiques ubiquitaire inclue des éléments électroniques qui créait une nouvelle forme d'interaction avec son porteur et avec l'environnement. Les vêtements seront en mesure de faciliter la communication, en interagissant avec l'utilisateur ainsi que d'autres dispositifs électroniques en temps réel. Le vêtement devient ainsi doté d'une capacité d'interagir avec l'environnement matériel et immatériel (c'est-à-dire à travers les différentes

[324] Byeong Kang, " Ubiquitous Computing Environment Threats and Defensive Measures ", *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering* (2011): 48.
[325] " L'ubiquitaire ", *Wapiti*, accessible sur le lien : http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2006-ttnfa2007/Rea-Maerens/Informatique%20Ubiquitaire/Introduction.html?fbclid=IwAR2xxTd0BTmb2uvYmav16OTJ2Nmm_NqcJl6RJKfOUJ67TEyfwp9sIaR9L_4, consulté le 15 Juin 2020.
[326] Byeong Kang, " Ubiquitous Computing Environment Threats and Defensive Measures ".

interfaces de communications interne ou externe). Avant l'interaction avec l'ordinateur nécessitait l'utilisation des yeux pour voire l'écran et les mains pour taper sur le clavier. Avec les textiles réactifs, les utilisateurs perçoivent les tâches exécutées par le système et non par le support en lui-même. L'usage a changé on n'est plus obligé de s'assoir devant un ordinateur pour le manipuler, mais aujourd'hui on le porte sur soi. C'est-à-dire qu'on utilise principalement tous nos sens pour interagir avec lui.

Aujourd'hui, l'ordinateur est devenu invisiblement intégrés dans de nombreux dispositifs numériques. Les réflexions de Weiser admettent que les technologies deviennent discrètes, elle s'intègre dans notre quotidien et se fondent dans les objets portés. Cela nous amène à constater que les technologies se rapprochent de plus en plus de notre corps, voire tendent à devenir une extension, un prolongement de celui-ci. La technologie numérique, en pleine expansion, touche différents secteurs. Ça relève du champ des "Wearables Technologies" [327] qui se traduit en français par "technologie portable" ou "technologie mettable", c'est-à-dire qu'on porte sur soi. Géraldine Le Meur[328] affirme que : *« L'avenir numérique sera marqué par les "wearables technologies" »*[329]. Ceci dit les NTIC[330] ont développé toute une gamme d'objets technologiques dont la finalité répond à deux critères : les innovations technologiques intégrées dans l'objet et les nouveaux scénarios d'usage qui en découlent[331]. Comme nous l'avons déjà mentionné, la notion ubiquitaire signifie omniprésent c'est à dire que l'informatique semble être présente partout. Cette notion va ouvrir la voie d'intégration de l'informatique dans des dispositifs portables à usage général. Sabine Seymour, atteste que la notion du wearable est le prolongement de l'idée d'incorporer l'informatique dans des objets du quotidien[332]. Tao définit un wearable comme étant un dispositif doté de foncions électroniques discrètement intégrés et qui soit attaché constamment à une personne de manière confortable, facile à manipuler et à porter [333].

Depuis quand y a-t-il eu l'expérimentation de la question du « wearable technology », « technologies portables » ? C'est à partir de quand on a tenté de mettre en place des

[327] " Technologie portable ", Wikipédia, https://fr.wikipedia.org/wiki/Technologie_portable, Consulté le 20 Juin, 2020.
[328] Géraldine le Meur : co-fondatrice de Le Web
[329] Olivier Couvreur, ''LeWeb / Géraldine Le Meur : L'avenir numérique sera marqué par les "wearable technologies", http://france3-regions.francetvinfo.fr/paris-ile-de-france/2013/12/11/geraldine-le-meur-l-avenir-numerique-sera-marque-par-les-wearable-technologies-375749.html, Consulté le 20 Juin, 2020.
[330] NTIC : les Nouvelles Technologies de l'informatique et de la Communication.
[331] Mugnier, et Ho, *Design interactif*, 155.
[332] Sabine Seymour, *Fashionable Technology: The Intersection of Design, Fashion, Science, and Technology* (Springer Wien New York, 2008), 15-16.
[333]Xiaoming Tao, *Wearable electronics and photonics* (Cambridge: CRC Woodhead Publishing Ltd., 2015), 1-12.

éléments portés, des systèmes, avant même la technologie électronique, des éléments qui se sont vu porté et qui ont été investi, qui ont investi le corps de diverse nature : quel est le point de départ historique ? Quel est le rôle de l'évolution de la notion de portabilité dans l'apparition d'une nouvelle génération de dispositifs – d'objets qui offre de nouvelles fonctionnalités à leur porteur : De nouvelles formes d'interaction entre l'homme et la machine ?

1-2 Technologie portable – " Wearable technology "

Notion de portabilité : « Wearability »

Commençons tout d'abord par définir le terme "wearable" ainsi que les différentes notions associées pour mieux expliquer le phénomène. Paret et Crégot explique dans leur livre "wearables, textiles et vêtement intelligent" que : « *Le nom barbare de « wearables » provient d'un verbe anglais, to wear, qui signifie porter, porter quelque chose sur soi »*[334]. *Cependant, le mot « wearable » indique tout ce qu'on peut porter sur soi, « Wearables est donc un mot générique englobant une foule d'éléments portables, éléments très variés que l'on porte, ou que l'on peut porter sur soi et transporter avec soi (par exemple, vêtements, accessoires, montres, chaussures, paire de lunettes, éléments médicaux – cœur, prothèse, implants, etc. –, éléments participant au bien-être de l'individu, etc.). Les wearables – au sens large du terme – sont un énorme sous-ensemble des Objets pouvant être connectés (ou non), dotés d'une intelligence (ou non), communiquant (ou non) par des liaisons radio (ou non) associées (ou non) à des réseaux (Internet par exemple) …* »[335] .

Avant de parler d'une technologie portable au vrai sens du terme pour désigner les dispositifs « wearable » actuel, à une période lointaine, l'homme nomade de nature a commencé à chercher des solutions techniques pour pouvoir porter ses objets utiles sur lui (vêtement, chaussure, …) dans le but de pouvoir s'adapter avec les conditions de la vie nomade. D'où l'apparition des premières traces de la notion de portabilité. Dans l'histoire, chaque dispositif intelligent portable actuel dispose d'une version ancienne simple mais qui ne comporte pas d'éléments technologiques. Avant l'intelligence n'était pas mesurer par la capacité de

[334] Dominique Paret et Pierre Cregot, *Werables, textiles et vêtements intelligents, Collection sciences, société, et nouvelles technologies* (Britain : ISTE Group, 2019), 17.
[335] Ibid.

traitement des données sur une puce mais plutôt par le fait d'offrir une meilleure expérience aux utilisateur réels[336]. Nous allons dans cette partie expliquer l'apparition et l'évolution à travers l'histoire du phénomène de portabilité et qui est le principe de base de l'arrivée de ce qu'on appelle aujourd'hui objets « wearable » intelligent. Avant de penser à porter l'objet intelligent l'homme a essayé de trouver des solutions pour pouvoir porter les machines sur lui (les mécanismes qui vont l'aider à développer des objets-machine plus tard). Nous allons commencer par expliquer l'évolution des « wearables » non connectés ouvrant la voie à des premières formes d'interaction entre l'homme et ses objets. Nous allons nous référer au graphique de l'évolution des appareils portables qui figure ci-dessous, indiqué dans une enquête sur les technologies portables[337] pour analyser cette partie.

a. Évolution et contexte historique des " Wearables"

Avant le 20ème siècle, la notion de portabilité était attribuée aux inventions de quelques premiers objets portables nomade rudimentaire.

Les lunettes inventées vers le 13ème siècle par le frère[338] anglais Roger Bacon[339] on est un et est considérée comme étant des lunettes intelligentes pionnières - qui succède la loupe antérieurement puisqu'elles avaient la capacité d'être porté afin d'améliorer la perception du monde et assurer une vision plus claire[340]. Les recherches sur l'optique ont ouvert la voie à la mise en forme et à la création de la lunette, en tant qu'objet nécessaire qui améliore la vue et qui interpelle le visible et l'esthétique.

Une seconde invention fut la première montre mécanique de poche inventé au début du 16ème siècle par Peter Henlein, horloger allemand et nommé Pomander (Bisampfeluhr)[341] . Cette plus ancienne montre n'était pas très précise mais elle avait la capacité d'être transporté malgré sa grande taille. Ce garde-temps fonctionnel avait marqué son époque, car elle était un

[336] Aleksandr Ometov et al., " A Survey on Wearable Technology: History, State-of-the-Art and Current Challenges, Computer Networks ", *Computer Networks* vol.193 (2021): 1389-1286, https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108074.
[337] Ometov, " A Survey on Wearable Technology ", *Computer Networks* (2021).
[338] Le frère : l'homme de l'église, le moine, le savant
[339] The College of Optometrists, " The Invention of Spectacles: How and Where Glasses May Have Begun ", accessible sur le lien:https://www.college-optometrists.org/the-college/museum/online-exhibitions/virtual-spectacles-gallery/the-invention-of-spectacles.html, consulté le 3 Mai 2021.
[340] Troy Cassidy, " A Short History of Spectacles ", le 09 Juillet, 2017, accessible sur le lien : https://www.cassidyeyecare.co.nz/article/a-short-history-of-spectacles.
[341] Günther Oestmann, *The Origins and Diffusion of Watches in the Renaissance* (Germany: Comune di Cremona, 2016), 141-143.

"symbole de statut" du fait qu'elle soit fabriquée entièrement à la main[342]. La miniaturisation a ouvert la voie à l'innovation en créant des montres précise, plus petites et fines, qui peuvent se porter au poignet afin d'améliorer l'usage. A cette époque ces développement sont venues principalement des besoins militaire[343].

Une autre apparition se manifeste à travers l'invention au 17ème siècle en chine à l'époque de la dynastie Qing d'une bague – anneau intelligent nommé Abacus Ring[344]. Une technologie portée autour de nos doigts sous forme de boulier fonctionnel conçu pour aider les commerçant à faire des opérations arithmétiques pour faciliter le calcul. Ce qui a ouvert la voie aux anneaux intelligents modernes[345].

A cette époque, les exemples cités ont été considérés comme étant des objets portables simple et légers.

b. Création des objets numériques portables : première forme d'interaction homme-machine

Tôt au 20ème siècle, la première apparition du phénomène de portabilité était avec les caméras portables inventé en 1907 par l'allemand Julius Neubronner et nommé la "caméra pigeon" [346]. Ces caméras portables ont été essayer sur des oiseaux – pigeon qui était équipé d'un harnais de poitrine en aluminium et d'une caméra miniature, légère et retardée. Cette invention a été utilisé par l'armée allemande pendant la première guerre mondiale pour la surveillance aérienne à travers des capture de scènes de guerre : des photographies derrières les lignes des ennemis[347].

[342] Bruce Knox, " Wearable Technology : Definition, Examples, Top Companies In 2021 ", le 27 Juillet, 2021, accessible sur le lien : https://wtvox.com/fashion/wearable-technology, consulté le 20 Aout 2021.
[343] Friedman Uri, " A Brief History of the Wristwatch: The Military Origins of Wearable Tech, a Century Before the Apple Watch ", le 27 Mai, 2015, accessible sur le lien: https://www.theatlantic.com/international/archive/2015/05/history-wristwatch-apple-watch/391424/, consulté le 03 Janvier 2021.
[344] Ellie Zolfagharifard, " Is This the First Wearable Computer? 300-year-Old Chinese Abacus Ring was Used During the Qing Dynasty to Help Traders Daily Mail ", le 19 Mars, 2014, accessible sur le lien: https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2584437/Is-wearable-computer-300-year-old-Chinese-abacus-ring-used-Qing-Dynasty-help-traders.html, consulté le 05 Janvier 2021.
[345] Terry Berman, " The Smart Ring : From the 17th Century Wearable Abacus to Today ", le 4 Mai, 2017, accessible sur le lien: https://interestingengineering.com/smart-ring-17th-century-wearable-abacus-today, consulté le le 07 Janvier 2021.
[346] The Public Domain Review, " Dr Julius Neubronner's Miniature Pigeon Camera ", accessible sur le lien : https://publicdomainreview.org/collections/dr-julius-neubronners-miniature-pigeon-camera/, consulté le 3 Mars 2021.
[347]Andrea Denhoed, " The Turn-of-the-Century Pigeons That Photographed Earth from Above ", le 14 Avril, 2018, https://www.newyorker.com/culture/photo-booth/the-turn-of-the-century-pigeons-that-photographed-earth-from-above.

Toujours dans le contexte militaire, pendant la deuxième guerre mondiale, il y a eu le développement des premiers systèmes sans fils portatifs conçu pour la communication sur les terrains de guerre[348]. Ces systèmes étaient lourds, volumineux et encombrant et ne pouvaient pas être transportés par les soldats. Donc ils ont transporté ces systèmes par les chevaux. Puis dans une initiative de concevoir un dispositif portable communicant plus léger, il y a eu le développement du système "packset" évolué tardivement par Donald Hings en 1937 et appelé "talkie-wilkie" [349]. Puis une première "montre-bracelet" a été développé pour assurer la planification et la coordination de différentes opérations militaire[350]. Après la seconde guerre mondiale, la première invention de réalité virtuelle par Morton Heilig vers 1960, était breveté sous le nom " Stereophonic Television Head-Mounted Display" [351] et compte être une étape majeure dans le développement de la technologie portable. Il s'agit d'une nouvelle expérience interactive pour profiter des films. Ensuite une nouvelle version plus améliorée que l'initial voit le jour nommé "Sensorama simulator" [352]. C'est un simulateur de réalité virtuelle avancé avec des effets sensoriels synchronisé - coordonné avec les actions du film (siège vibrant, souffleur d'air froid, générateur d'odeur, haut-parleur stéréophonique)[353].

c. Apparition du concept " wearable Computing " :

Après plusieurs décennies d'évolution dans des laboratoires militaires, la technologie portable s'est démocratisée et devenue accessible sur le marché public et on commence à apercevoir quelques applications à usage générale.

Au milieu du 20ème siècle, l'idée des « wearable computing » a réellement commencé par l'invention de l'ordinateur portable[354] à l'époque où les ordinateurs avaient la taille d'une salle. Le premier ordinateur portable est conçu en 1955 par deux professeurs du MIT, Edward

[348] The National Archives, " Fighting talk: First World War Telecommunications ", *accessible sur le lien:* https://www.nationalarchives.gov.uk/first-world-war/telecommunications-in-war/, consulté le 03 mars 2021.
[349] Donald L. Hinhs, " Walkie Talkie ", accessible sur le lien : http://www.dlhings.ca/walkietalkie.html, /, consulté le 3 mars 2021.
[350] Greg Myre, " From Wristwatches To Radio, How World War I Ushered in the Modern World NPR. ", le 02 Avril, 2017, accessible sur le lien: https://www.npr.org/sections/parallels/2017/04/02/521792062/from-wristwatches-to-radio-how-world-war-i-ushered-in-the-modern-world?t=1568188507348, consulté le 03 Mars 2021.
[351] Bobbie Ticknor and SherryTillinghast, " Virtual Reality and the Criminal Justice System: New Possibilities for Research, Training, and Rehabilitation ", Journal of Virtual Worlds Research 4 (2011), DOI: 10.4101/jvwr.v4i2.2071.
[352] Morton L.Heilig, " Sensorama simulator ", United States Patent 3050870 (1962), accessible sur le lien: https://www.freepatentsonline.com/3050870.html.
[353] Bradley Rhodes, " A Brief History of Wearable Computing ", accessible sur le lien : https://www.media.mit.edu/wearables/lizzy/timeline.html, consulté le 03 Mars 2021.
[354] Edward. O. Thorp, " The invention of the first wearable computer ", in Proceedings of the Second International Symposium on Wearable Computers (Pittsburgh, PA, USA,1998), 4–8.

O. Thorp et Claude Shanoon[355] et mis en œuvre plus tard vers 1960-1961. Le premier ordinateur portable était une sorte de dispositif informatique de taille petite, caché dans la chaussure[356] et qui fonctionne ainsi. Une entrée produite à travers un interrupteur au niveau de l'orteil, et une sortie assurée par un haut-parleur derrière l'oreille. Un dispositif de chronométrage réalisé dans la volonté de battre le fonctionnement du jeu de la roulette des casinos de Las Vegas et prévoir avec précision le lieu d'atterrissage de la bille grâce à sa capacité de chronométrer la vitesse des mouvements de rotations de la bille sur un disque dure)[357].

Tellement l'invention a été spectaculaire, son histoire a été édité plus tard dans le livre « beat the Dealer »[358] d'Edward Throp en 1998[359].

Et depuis, de nombreux chercheurs se sont intéressés au sujet et quelques pionniers ont travaillé pour expérimenter et développer des projets de dispositifs dans le domaine du « wearable Computing » à usage générale.

En 1960 des premières expériences ont été élaboré par Ivan Sutherland[360] créant une combinaison de lunettes et casques "intelligent" qui permettent aux utilisateurs de s'immerger dans un environnement tridimensionnelle ouvrant ainsi les voix pour la naissance du domaine de la réalité augmenté (AR)[361] .

Ce qui a ouvert la voie vers 1963 Hugo Gernsback a inventé les lunettes TV[362] alimenté d'une batterie et permettant l'expérience stéréoscopique[363] première forme de visualisation des images en 3D.

---

[355] Edward. O. Thorp, " The invention of the first wearable computer ", 4–8.
[356]Edward.O.Thorp, " Beat the Dealer: A Winning Strategy for the Game of Twenty-One ", Vol. 310 (Random House USA Inc, Vintage, 1966).
[357] Fernández-Caramés Tiago M. and Paula Fraga-Lamas, "Towards the Internet of Smart Clothing: A Review on IoT Wearables and Garments for Creating Intelligent Connected E-Textiles", *Electronics* 7 n°12 (2018): 405, accessible sur le lien: https://doi.org/10.3390/electronics7120405.
[358] Thorp, " Beat the Dealer: A Winning Strategy for the Game of Twenty-One ".
[359] Thorp, " The invention of the first wearable computer ", 4–8.
[360]I van E. Sutherland, " The Ultimate Display ", *Proceedings of IFIP congress*, vol. 65 (New York, NY, 24–29 May 1965): 506–508.
[361] Toni Emerson, " Mastering the art of VR: on becoming the HIT Lab cybrarian Electron ", *The Electronic Library*, vol. 11, no. 6 (1993), 385-39, accessible sur le lien: https://doi.org/10.1108/eb045261.
[362] Eric Kurland, *Virtual reality Filmmaking* (Routledge, 2017), 7-17.
[363] Evan Ackerman," The Man Who Invented VR Goggles 50 years Too Soon ", *IEEE Spectrum*, 30 November 2016, accessible sur le lien: https://spectrum.ieee.org/the-man-who-invented-vr-goggles-50-years-too-soon.

En conséquence, ces inventions ont été développées par la suite en 1990 de manière expérimentale par Caudell et Mizell[364] (du groupe aérospatial, système de défense et sécurité Boeing) à travers une nouvelle application de la technologie d'affichage. Une proposition conçue pour augmenter le champ visuel du porteur ouvrant la voie à de nouvelles formes d'interaction entre l'homme et la machine.

Puis, Alain Lewis a développé le boitier de l'appareil photo numérique en 1972 s'inspirant de l'invention de Edward O. Thorp[365]. Il a utilisé un système de connexion radio pour transmettre l'information entre la personne et l'ordinateur (le récepteur de l'information). Cette technique compte être une des premières interactions entre l'homme et la machine.

Depuis la fin des années 70, on note l'arrivée des premiers appareils potables qui commence à avoir un impact sur le marché. L'année 1975, date de la première forme commercialisable de la montre calculatrice, "Calculator Watch" conçu par Pulsar[366]. Elle été introduite sur le marché d'abord en version « édition limité » fabriqué en or et vendu à un prix très élevé, puis plus tard édité vers une version plus abordable en acier inoxydable.

En 1977, La première montre calculatrice algébrique nommé HP-01 a été développée par Hewlett Packard[367]. C'est une sorte de montre intelligente, l'ancêtre des « smart watche » actuelle, capable mis à part ces fonctions de calculatrice de stocker des noms, des adresses, des numéros de téléphone et même des rendez-vous grâce à une mémoire. Elle contient un affichage de 28 touches. Quatre touches sont surélevées par rapports aux autres et on peut les utiliser avec le doigt indiquant des fonctionnalités telles que l'heure par exemple. Les autres touches sont enfoncées et nécessitent l'appui d'un stylo associé pour marcher[368].

Notons qu'à cette époque cette montre avait un réel succès commercial malgré son prix très élevé.

---

[364] Thomas P. Caudell and David Mizell, " Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes ", *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences* (Kauai, HI, USA, 7–10 January 1992), accessible sur le lien: https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317.

[365] Sibel Deren Guler, Madeline Gannon et Kate Sicchio, *A Brief History of Wearables Crafting Wearables* (Springer, 2016), 3-10.

[366] " Calculator watches ", Unique Watch Guide, accessible sur le lien : http://www.uniquewatchguide.com/calculator-watches.html, consulté le 06 Mars 2021.

[367] Edward A. Heinsen, Andre F. Marion et Thomas E. Osbone, " Interactive wristwatch calculator ", HP Inc, US patent 4 (le20 Décembre, 1977) : 158-285.

[368] The Museum of HP Calculators, " HP-01 ", accessible sur le lien : https://www.hpmuseum.org/hp01.htm, consulté le 06 Mars, 2021.

Grâce à la miniaturisation de l'informatique, l'utilisateur va avoir la possibilité d'expérimenter de nouvelle piste d'interaction homme machine à travers de nouvelle interface utilisateur comme le stylet qui fonctionne avec un écran contrôlable par des boutons dans cet exemple. Plus tard l'écran va évoluer et devenir tactile, et peut encore fonctionner à travers un stylet ou encore à travers les doigts de l'utilisateur.

Dans la même année il y a eu l'apparition du premier vêtement qui comporte une technologie associée. Après de longues années de recherche la société « Smith Kettlewell » a conçu un gilet pour aveugle. Le concept consiste à utiliser une caméra placée sur la tête dans le but de créer une représentation tactile placée sur le gilet[369]. Ce projet est une première forme d'interaction entre l'utilisateur et le vêtement comme support portable pour la technologie.

Nous allons consacrer tout le chapitre 2 pour explorer la question de l'intégration de l'électronique et de l'informatique dans le textile qui est notre contexte de recherche à travers une étude des différents processus et méthodes de réalisation par le textile à l'ère numérique.
Revenons maintenant à un autre appareil portable qui a marqué cette époque est le Walkman stéréo portable de Sony commercialisé en 1979 et qui est le premier lecteur casette personnel fourni avec des écouteurs[370]. Les écouteurs, sont considérés comme un nouveau périphérique de sortie qui remplace les haut-parleur traditionnel conçu pour un usage personnel. Une nouvelle interaction homme machine est établie à travers cette auxiliaire relié par un câble électrique au dispositif de lecture de musique. Avec cette innovation on commence une nouvelle forme d'interaction plus intime entre l'utilisateur et son dispositif offrant une dimension d'usage inédite, changeant la façon dont les gens ont vécu la musique depuis toujours. Ce dispositif portable a bouleversé les anciennes manières d'écouter la musique à travers nouvelle expérience qui permet d'écouter la musique en solo.

d. " Wearable Computing " communicant

Steve Mann, professeur du MIT (Massachusettes Institute of Technology), est l'un des plusieurs chercheurs qui ont expérimenté le concept de portabilité. Il considéré par beaucoup

[369] Kalpesh A. Popat and Priyanka Sharma, " Wearable Computer Applications: A Future Perspective ", *International Journal of Engineering and Innovative Technology* vol. 3 n°1 (2013): 213-217.
[370] Bernice Harrison, " Moment de conception : Sony Walkman, 1979 : la chaîne stéréo personnelle portable argentée et bleue vendue au-delà de toutes les attentes " *Le temps irlandais* (1979), https://www.irishtimes.com/life-and-style/homes-and-property/interiors/design-moment-sony-walkman-1979-1.3465629, consulté le 03 Mars 2021.

comme étant le père fondateur de l'informatique portable, « *wearable Computing* »[371]. Il n'est pas seulement un simple inventeur de différents projets de « dispositifs portable », mais bien au-delà car ce pionnier avait pour but d'explorer les formes possibles d'une coévolution et même de symbiose homme-machine. Dans le but d'instaurer le concept de la communication. Steve Mann a réalisé de nombreux projets avec des éléments électroniques greffés grâce à l'amélioration de la technologie soutenue des années précédentes vers une quête d'émergence d'une nouvelle vague de dispositifs portés. Il n'était pas question simplement d'informatique mais de beaucoup d'autres éléments électroniques (enregistrement audio, vidéo, …).

Depuis qu'il a été au lycée, il a fait beaucoup d'expériences pour pouvoir porter un ordinateur sur lui. Il a relié un ordinateur 6502 (les composantes matériels) à un sac à dos alimenté par des batterie en plomb dans le but de contrôler à distance d'autres dispositifs reliés (lampes de poches, appareils photos, caméra…) [372].

Et depuis il a continué à travailler à développer beaucoup d'autres types de dispositifs de « *wearables computing* »[373].

En 1970, il a développé un système portable qui aide les photographes à comprendre la façon dont les paysages et les objets réagissent à la lumière[374]. Un système qui les assiste. De nombreux autres travaux ont été réalisé par Steve Mann dans les années 1980 et 1990, y compris un système de radar portable pour les aveugles, des wearables audio, des systèmes de réalité augmenté et des systèmes de réalité virtuelle. La réalité virtuelle est plus avancée que la réalité augmentée dans le sens ou la perception de l'utilisateur par rapport à l'environnement et aux objets peut être modifié dans le sens où un continue visuel est ajouté à la réalité de façon à la modifier volontairement [375].

Prenons comme exemple de ces travaux de Steve Mann, le dispositif ''Eye Type" réalisé en 1981 qui est une sorte d'ordinateur portable monté sur un sac à dos et relié à une caméra attachée au bras d'une lunette afin traiter les données perçues – les images et les afficher et

[371] Thad Starner, Steven Mann et al., " Augmented Reality Through Wearable Computing. " *Presence Teleoperators and Virtual Environments* vol. 6, no. 4 (MIT Press, Cam- bridge, MA, 1997): 386–398.
[372] Bruce Knox, " Wearable Technology – Definition, Examples, Top Companies (2022) ".
[373] Bradley Rhodes, "A brief history of wearable computing. "
[374] Steve Mann, "An historical account of the 'WearComp' and 'WearCam' inventions developed for applications in 'personal imaging. ", Digest of Papers, First International Symposium on Wearable Computers (1997): 66-73.
[375] Steve Mann. " Mediated Reality " *Linux Journal*, vol. 1999, no. 59 (University of Toronto: Toronto, ON, Canada, 1999): 5, accessible sur le lien: https://dl.acm.org/doi/10.5555/327697.327702

les projeter à travers un petit écran placé devant un œil[376]. Ce dispositif permet de contrôler la caméra : équipement photographique. Ce projet consiste à développer la première configuration de lunette de réalité virtuelle ancêtre des lunettes Google actuelles [377] (permettant un vison en 3D).

Ces recherches ont mené vers l'invention de la webcam sans fil vers l'année 1994[378].

Figure 2. Les différentes idées et inventions de Steve Mann (Steve Mann, 1978, 1993)

Steve Mann a affirmé que d'après ses expériences de relier un ordinateur, un équipement radio à d'autres dispositif son idée consistait à concevoir un système sans fils qui instaure une nouvelle forme de communication lui permettant de rester toujours branché, relié à son contenu multimédia (comme par exemple recevoir un courriel : courrier électronique) tout étant se déplaçant à l'extérieur. C'est-à-dire qu'il pourra être capable d'exécuter certaines tâches qu'il opère avec son ordinateur de bureau, mais de façon à avoir la même fonction sur un dispositif portable communicant. Par exemple, sa famille a la possibilité d'apercevoir ce qu'il voit à travers ses lunettes en temps réel. Aujourd'hui, il porte au-dessus de son œil droit un écran connecté à un ordinateur et à l'internet[379]. Mann pense que ce sont les ordinateurs qui doivent se plier au besoin de l'homme et non pas le contraire. C'est-à-dire que la technologie doit être au service des besoins de l'homme et dans ce sens de devenir medium

[376] Steve Mann, James Fung et Chris Aimone, " Designing EyeTap Digital Eyeglasses for Continuous Lifelong Capture and Sharing of Personal Experiences ", (Portland, Oregon, USA, 2005).
[377] Olli Peltola, ''Introduction to Wearable Healthcare Technology'' (Mémoire de B. Sc., Université de Jyväskylä, 2017), accessible sur le lien : https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28570.90564.
[378] *Wearable Technologies: Concepts, methodologies, Tools. And Applications,* Information Resources Management Association (USA: IGI Global, 2018), 3.
[379] Steve Mann, " Wearable Computing: A First Step Toward Personal Imaging ", *Computer* n° 30 (1997): 25-32.

qui sert à développer ces aspirations. C'est dans cette perspective qu'il a pensé et développé des systèmes portables intégrables qui permettent d'augmenter les capacités biologiques humaines pendant, durant son exécution des activités quotidienne.

Mann prétend que le fait qu'un dispositif informatique portable soit toujours lié à son porteur crée une nouvelle propriété relationnelle entre l'homme et l'ordinateur : « "*unlike other computers (including laptops and PDAs), a WearComp is inextricably intertwined with its wearer - WearComp's "always ready" characteristic leads to a new form of synergy between human and computer*" »[380]. Pour lui, ce concept est basé sur trois principes. Le premier consiste à être connecté à tout moment et en tout lieu à travers une transmission continuelle des données entre l'homme et l'ordinateur et vis vers ça. Le deuxième tend à ce que la technologie renforce les capacités de l'homme et tend même à augmenter ses activités. Puisque les ordinateurs deviennent capables de détecter les besoins de l'homme. Troisièmement, elle repose sur la protection des données échangées avec l'utilisateur[381].

A travers ses expériences, Mann a compris que ces premiers appareils sont encombrants et par conséquence gênant. Il a alors pensé à développer de nouveaux supports « wearables » plus pratiques et confortables destinées pour un usage quotidien. Ces nouveaux dispositifs sont des systèmes de communications déclinés sous différentes formes : "chaussures intelligentes", et même des "sous-vêtements intelligents" qui ont la capacité de mesurer la fréquence cardiaque et respiratoire de leur porteur[382] dans une initiative d'intégrer la technologie dans le substrat textile.

A la fin du 20ème siècle, la notion de la portabilité et de la communication sans fil a évolué vers d'autres supports plus légers et de taille réduite offrant des applications plus autonomes qui ont dominé le marché des « wearables ». Pendant les années 80 et 90, les appareils portables commencent à un peu à murir et à donner plus d'impact sur le marché de masse à travers quelques prémisses d'application commerciales destinés au grand public dû à

[380] Steve Mann, "Wearcomp", Cyborg anthropology, http://www.eyetap.org/defs/glossary/wearcomp/, Consulté le 30 Mai 2021.
[381] Steve Mann et Hal Niedzviecki, " Cyborg: Digital Destiny and Human Possibility in the Age of the Wearable Computer. " (2001).
[382] Steve Mann, " Smart clothing: wearable multimedia computing and "personal imaging" to restore the technological balance between people and their environments." *Multimedia* vol. 96, (NY, USA : 1997) : 163, accessible sur le lien : https://doi.org/10.1145/244130.244184.

l'accélération massive du développement de l'informatique portables. Certaines nouveautés d'objets portables "à la mode" ont marqué un peu la tendance à cette époque.

Parmi lesquels, notons au départ la création de "Seiko UC 2000 Wrist Pc" réalisé en 1981[383] et qui est un premier micro-ordinateur portable porté à la main et qui contient une mémoire de stockage de données de 2K. Il permet à son porteur de voir l'heure à travers l'interface d'affichage : station d'accueil et faire des calculs à travers un clavier séparé. L'interaction entre l'utilisateur et la montre est assuré à travers ces deux périphériques d'entrée. Bien que l'idée de multiplier les tâches de la montre était intéressante et innovante, ce dispositif n'a pas eu un impact très important sur le marché à cette époque. Nous supposons que c'était à cause de la grande taille du clavier qui cause un problème pour l'utilisateur qui doit toujours le transporter avec lui puisqu'il doit être relié à la montre pour assurer le fonctionnement.

En deuxième lieu, on trouve "Nelsonic Space Attacker Watch", conçu en 1981[384]. Ce dispositif est une sorte une version pionnière de console - appareil de jeu portable sous forme d'une montre. Cette montre de jeu comporte deux boutons qui permettait le porteur à travers ses fonction basique (droite, gauche, haut, bas) de de jouer à n'importe quel moment et à n'importe quelle place à des jeux populaire d'arcade. Plus tard, Nelsonic a sortie d'autres version de jeu : portable Pac-Man puis Super Mario Brothers[385].

Plus tard, une deuxième version plus sophistiquée des lunettes AR[386] inventé par Steve Mann. "The Private Eye head-mounted display" est développé et commercialisé en 1989 par Reflection Technology[387]. Il s'agit d'un écran monté sur la tête intégrée à une lunette et qui contient un disque dure de 85mb alimenté par une batterie.

Les années 90, ont marqué l'augmentation et l'accélération du rythme des développements technologiques en proposant des applications de plus en plus avancées, recherché et sophistiqué. Au début des années 90, et précisément en 1990, Roy Want de Olivetti Research

[383] " Before Smartwatches There was the Seiko UC-2000 Wrist Computer, here are 5 Cool Facts ", *Techeblog* , 24 juillet 2015, accessible sur le lien: https://www.techeblog.com/before-smartwatches-there-was-the-seiko-uc-2000-wrist-computer-here-are-5-cool-facts/, consulté le 03 Mars 2021.
[384] " A Visual Guide to Watch Gaming's 40-year History ", *Polygon*, https://www.polygon.com/a/smartwatch-history-guide-evolution/watch-timeline, consulté 3 mars 2021.
[385] Aleksandr Ometov, Viktoriia Shubina, Lucie Klus et al., " A Survey on Wearable Technology: History, State-of-the-Art and Current Challenges ", *Computer Networks*, vol. 193, 2021, ISSN 1389-1286, accessible sur le lien: https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108074, consulté le 12 Mai 2021.
[386] AR, abréviation de : Augmented reality – Réalité augmenté
[387] John Peddie, *Augmented Reality: Where We Will All Live* (New York: Springer, 2017).

a créé de "The active badge", un premier « Tracker », détecteur de localisation intérieure portable[388]. Ce dispositif permet de communiquer l'emplacement d'une personne à travers une identification par des signaux infrarouges. Le badge a été conçu au début pour communiquer l'emplacement des personnes qui le porte[389]. Ce genre de dispositif va permettre la naissance et le développement de certains dispositifs portables plus avancées et plus tard du concept de du vêtement connecté « Smart textile » capable de localiser partout son porteur.

Puis, en 1991 Doug Platt. a lancé d'ordinateur portable nommé « *Hip-Pc* »[390]. Une version plus développée et amélioré et surtout plus réduite de taille par rapport aux précédents. L'ordinateur portable été une sorte d'agenda de poche basé sur un module technologiquement évolué Ampro "little Board", ainsi que d'autres modules d'extension supplémentaires (lecteur disquette, clavier, …). En 1994, Mike Lamming et Mike Flynn ont développé le dispositif d'enregistrement personnel en continu "Forget-Me-Not"[391]. C'est une sorte d'assistance électronique personnelle portable capable d'enregistrer l'interaction de son utilisateur avec les autres personnes et de stocker les informations recueillies dans une base de données pour être utilisées plus tard. Ce dispositif a été une première tentative pour le développement des assistances électroniques personnelles et portables à base de microphone comme périphérique d'entrée. Il est suivi après par le premier assistant numérique personnel (PDA : Personal Digital Assistant) produit en série et commercialisé nommé "PalmPilot 1000" [392]. Ce dispositif possède son propre ordinateur doté de 128 Ko de mémoire vive (Ram) et d'une capacité de stockage allant jusqu'à 12 Mo et d'un écran et d'une zone pour la saisie de texte à l'aide d'un stylet.

1998, datait l'apparition du premier bracelet de paiement sans contact appelé "mBracelet" [393] et développé par studio 5050 à New York. L'idée consiste en un ordinateur portable de

[388] Roy Want, Andy Hopper, Veronica Falcao et Jonathan Gibbons, " The active badge location system ", ACM Trans. Inf. Syst. 10 (1992): 91-102, accessible sur le lien: https://doi.org/10.1145/128756.128759.
[389] David Greaves, " Olivetti Research Active Badge ", http://koo.corpus.cam.ac.uk/projects/badges/index.html, consulté le 30 Mai 2021.
[390] Oliver Amft and Paul Lukowicz, " From Backpacks to Smartphones: Past, Present, and Future of Wearable Computers ", IEEE Pervasive Computing, vol. 8, no. 3 (2009): 8-13.
[391] Mik Lamming and Mike Flynn, " Forget-me-Not: Intimate Computing in Support of Human Memory ", *Proc. of International Symposium on Next Generation Human Interface* (Meguro Gajoen, Japan, 1994) : 4, accessible sur le lien : https://www.ee.columbia.edu/~dpwe/papers/LamF94-forgetmenot.pdf.
[392] Danel Knight, " A history of palm part 2: Palm PDAs phones 1996 to 2003 ", *Low End Mac*, 19 juillet 2016, accessible sur le lien: https://lowendmac.com/2016/a-history-of-palm-part-2-palm-pdas-and-phones-1996-to-2003/, consulté le Consulté le 3 Mars 2021.
[393] Despina Papadopoulos, " Mobile Money : M-bracelet ", accessible sur le lien : https://pixelpeppy.com/m-bracelet/, consulté le 30 Mai 2021.

bracelet qui permet à son porteur d'effectuer des transactions financières avec des guichets automatique (DAB). Cette fonctionnalité est présente aujourd'hui sur les montres intelligentes actuelles tels que Apple Watch et Android Wear. L'interface permet aussi pour les utilisateurs de ce dispositif d'échanger des messages en se serrant la main. Cette invention a été un point de départ à la notion d'échange et de partage de données entre les dispositifs technologiques. Cette notion va évoluer plus tard surtout avec le développement de moyens de transmission plus avancés.

A travers toutes ces évolutions, nous avons voulu montrer comment le domaine de l'informatique portable, « wearable computing » a exploré à travers le temps les différentes manières dont les systèmes embarqués peuvent être placées ou portés sur le corps. Toutes ces inventions que nous avons balayé depuis l'invention du premier ordinateur portables par Edward O. Thorp et Claude Shannon sont les principes de bases des premières tentatives de la création des vêtements intelligents. Et depuis, ce domaine n'a cessé de connaître une remarquable multiplication d'inventions et d'innovations qui sont en rapport avec le corps et puis avec la peau et qui vont prendre la forme des nouveaux types d'appareils technologiques portables. Avec l'évolution de l'intérêt pour l'« informatique portable », le développement a conduit à concevoir des dispositifs portables plus légers, plus pratiques et plus attrayants.

Ces appareils portables désignent des appareils électroniques et mobiles, ou des micro-ordinateurs dotés d'une capacité de communication avec et sans fils qui sont incorporé dans des gadgets, des accessoires qui peuvent être attaché sur le corps humain comme des accessoires, et même portés comme des vêtements[394]. Le terme « technologie portable » (souvent abrégé en « vêtement portable » et parfois utilisé de manière interchangeable avec « appareils portables » ou « appareils intelligents ») est née pour décrire l'intégration de l'électronique dans des vêtements ou des accessoires pouvant être portés confortablement sur le corps[395]. Les vêtements ont été depuis toujours des supports portables par excellence. Ce sont des objets qui s'adaptent parfaitement à notre mode de vie quotidien. Aujourd'hui et suite à l'intégration des technologies du numérique, les vêtements sont devenus des dispositifs portables par excellence, dotés de nouvelles fonctions et fonctionnalités à part

[394] Tony Luczak, Reuben F. Burch, Edwin A. Lewis, and al., State-of-the-art review of athletic wearable technology: What 113 strength and conditioning coaches and athletic trainers from the USA said about technology in sports." International Journal of Sports Science & Coaching 15 (2019) : 26 – 40, accessible sur le lien: https://doi.org/10.1177/1747954119885244.
[395] Robin Wright et Latrina Keith, " Wearable Technology: If the Tech Fits, Wear It ", Journal of Electronic Resources in Medical Libraries 11 (2014): 204 – 216, https://doi.org/10.1080/15424065.2014.969051.

celle de vêtir. D'après Sabine Seymour, les vêtements électroniques sont alors une sous catégories du large domaine des technologies portables, « *wearable technologies* »[396].

Nous allons nous focaliser en détails dans le chapitre qui suit sur les e-textiles interactifs destinés à l'habillement à travers l'analyse de certains projets préliminaires.

A la naissance de la notion de portabilité, les objets n'étaient pas dotés d'une même qualité d'intelligence qu'aujourd'hui. La notion de portabilité a évolué, a changé de vocation et s'est associé à de nouveaux usage dû à au progrès et à la prolifération des technologies du numérique à travers le concept du « wearable computing ». Le phénomène du wearable va connaitre un grand essor mondial pendant le XXI^{ème} siècle suite à la prolifération de l'ère technologique et à travers l'usage de l'internet donnant lieu à un grand nombre d'inventions et d'innovations dans le domaine des objets portables intelligents. L'introduction du phénomène « Internet des objets », « Internet of things », va permettre d'apparaitre une nouvelle génération d'objets connectés et intelligents portables ouvrant de nouvelles perspectives d'usage (expérience personnelle unique).

Nous allons approcher les « wearable connectés » et spécifiquement les « e-textile connectés » dans la troisième section de la thèse.

[396] Sabine Seymour, *Fashionable Technology: The Intersection of Design, Fashion, Science and Technology*, 50.

Inter conclusion

L'apparition des premiers ordinateurs portables et les tentatives de l'attacher sur le corps humain en le reliant avec d'autres éléments électroniques pour assurer de nouvelles fonctionnalités à l'extérieur, a mené aux évolutions technologiques qu'a connu les dispositifs portables. La technologie portable peut être alors déterminée et interprétée comme des éléments portés à différents niveaux d'intégration au corps, souvent dotés de capacité électronique intelligente et de communication grâce à la possibilité de programmer le système selon de le scénario d'usage désirable. Ces appareils électroniques portables possèdent des fonctionnalités et des propriétés qui permettent de collecter des données, assurer certaines activités et adapter les expériences aux besoins et désirs de l'utilisateur cible[397]. La technologie portable change la notion d'utilisation. Ces dispositifs technologiques nous procurent à chaque fois une nouvelle expérience, qui est variable d'un dispositif portable à un autre. Ils peuvent alors fournir des services avancés grâce à des interfaces de communication simple et ergonomique.

Suite à cette évolution prépondérante, l'homme a tenté de rapprocher de plus en plus ces dispositifs du corps humain. Cette initiative a été derrières les premières tentatives de création de vêtements intelligents intégrant, incorporant des systèmes électroniques mobiles. L'évolution des circuits électroniques et leur miniaturisation, leur intégration dans certains dispositifs d'une part et l'évolution des technologies de l'information et de la communication numérique d'autre part a facilité le développement des textiles et des vêtements électroniques intelligents. Le E-textile est alors une combinaison de vêtements, de composantes électroniques et d'un système informatique.

Quel est l'impact de l'intégration de l'informatique et l'électronique portables sur le développement et la création du vêtement électronique communicant ? Quel est ou sera la relation du vêtement aux nouvelles technologies ? Quel sera l'impact des vêtements technologiques sur le changement du comportement de son porteur et ses relations avec son environnement et avec les autres ?

[397] Oliver Amft et Paul Lukowicz, " From Backpacks to Smartphones: Past, Present, and Future of Wearable Computers. ", IEEE Pervasive Computing 8 (2009) : 8-13, accessible sur le lien : https://doi.org/10.1109/MPRV.2009.44.

Chapitre 2 : Processus, Méthode de création, de réalisation par le textile à l'ère numérique

Après avoir présenté la révolution numérique, nous allons montrer maintenant son impact sur le domaine du design textile à travers une interaction entre science, technologie et design. Suite à la révolution numérique, les composantes technologies deviennent de plus en plus petites et discrètes et viennent se fondre passivement dans des objets qui sont portés plus près du corps, notamment dans les textiles - les vêtements qui présentent notre cas d'étude. Le but est de préciser en quoi le contexte des progrès technologies réalisé avec le numérique nous amène aujourd'hui à nous intéresser au vêtement non pas pour ses fonctions premières mais pour ce qu'il peut devenir, aux relations qu'il peut établir à travers cette intégration - incorporation des composantes électroniques, de l'informatique dans le substrat tissu ordinaire. Comme nous l'avons pu constater, les textiles électroniques font partie du large domaine des « technologies portables » – « Wearables technologies » et apparaissent comme un nouveau moyen d'interfaçage entre le corps et l'écran, apportant ainsi des perspectives plus larges à la relation homme-machine. L'influence de numérique sur le secteur textile et vestimentaire ont créé de nouvelles opportunités économiques et commerciales. D'où l'impact sur la mise au point de différentes inventions et innovations dans le domaine de la création textile venues suite à l'expansion du domaine des nouvelles technologies.

La prouesse technique et technologique a permis au différents chercheurs – scientifique et créateurs de penser davantage le mode de la création et de conception des textiles et vêtements : « *Le vêtement va changer puisque la technologie va lui permettre de devenir intelligent avec de l'électronique, de la chimie et de la créativité* »[398]. Nous allons dans notre analyse nous focaliser seulement sur l'évolution des vêtements intelligents modifiés électroniquement étant notre sujet d'étude. Ces textiles - vêtements électroniques, vont de plus en plus s'étendre vers un usage plus large et seront dotés de fonctions et fonctionnalités supplémentaires à celle de vêtir. Il s'agit de nouvelles performances pour le secteur de l'habillement. L'innovation dans le secteur textile et de l'habillement a toujours suivit l'histoire des styles et des tendances de mode. Et on est actuellement dans l'ère des nouvelles technologies. Aujourd'hui nous vivons au milieu d'une ère technologique laquelle pourra donner un autre élan à la démarche créative. Cette nouvelle démarche conceptuelle basée sur

[398] Nytok Dragoon, "Exposé de vêtement intelligent", 2010, accessible sur le lien : https://fr.scribd.com/doc/42297313/expose-de-vetement-intelligent, consulté le 02 Juin 2021.

l'intégration des technologies dans le substrat textile, transforment les e-textiles en une sorte d'objets- services utilitaires. Dans ce sens, le rôle du concepteur consiste alors à suivre les tendances de l'époque, à anticiper les besoins des utilisateurs cible par rapport à leur nouvelle façon de vivre. Il projette les intentions dans un produit (vêtement, textile) -service utile et beau qui répond à leurs besoins et attentes actuelles. Avant, de devenir commercialisé, les premières apparitions d'une fusion entre textiles et technologies sont apparues dans un contexte de recherches dans le domaine militaire. Nous allons explorer à travers notre étude comment le vêtement sera capable de répondre aux besoins spécifiques de son porteur – cible selon le domaine d'usage. Le vêtement s'adaptera ensuite au nouveau mode de vie du consommateur modernes à travers une quête de valeur ajoutée dans l'usage et dans l'effet.

Nous allons dans cette partie montrer l'impact des technologies numériques sur la création et la fabrication des premiers vêtements électroniques : « *L'importance prise par les technologies électroniques et numériques dans les différents domaines du design rend celle-ci incontournables. Elle ne se traduit pas simplement par la mise au point de produits électroniques à destination du grand public, mais constitue une révolution concernant les différents niveaux de conception et de fabrications des projets* »[399]. Nous allons analyser certains projets qui vont nous permettre de montrer la différence entre les approches conceptuelles et pratiques. A l'ère numérique, L'introduction de la technologie dans le textile a donné lieu à deux catégories de textiles électronique. La première catégorie intègre de l'électronique analogique (qui consiste à un simple circuit électrique sans une composante électronique programmable) et la deuxième catégorie intègre de l'électronique numérique (qui comporte des composantes électroniques contrôlé par un logiciel programmé). Nous allons expliquer à travers cette partie l'évolution des méthodes de création et de réalisation de ces deux catégories à travers des analyses de certains exemples afin de démontrer le mode de fonctionnement de chacun d'elle ainsi que les interactions qui peuvent s'établir entre le porteur, le vêtement et l'environnement ?

Ce chapitre comporte ainsi quatre parties :

Une première partie sera consacré à l'étude de l'évolution historique et chronologique de l'intégration des technologies dans le textile à travers les différentes applications des

[399] Mugnier et Ho, *Design interactif*, 23.

circuits électriques, des composantes électroniques dans le substrat textile vers la recherche de nouveaux usages que nous pourrons le qualifier de simple vu qu'il est le premier historiquement. Nous voulons dire par simple que ce système ne nécessite pas un programme pour fonctionner. (Électronique Analogique)

Une deuxième partie montrera la fusion entre le monde de l'électronique portable, le monde l'informatique portable donnant naissance aux premières applications de e-textiles communicants. Nous allons montrer que ces e-textiles seront qualifié d'intelligents pour leur capacité à détecter les conditions extérieures et de réagir en fonction et ce à travers un programme préétabli bien défini. Le textile intelligent est celui à travers lequel une action/réaction peut s'effectuer lors de la détection des conditions extérieures de l'environnement ou de l'utilisateur [400]. Nous allons analyser dans cette partie des exemples de différentes interfaces qui varie selon l'usage et les fonctionnalités souhaité (interface de surveillance – communication externe ; interface de commande - communication interne). (Électronique Numérique)

Une troisième partie présentera les défis techniques des différents systèmes embarqués présent généralement dans un e-textile communicant. Ainsi que le mode de fonctionnement des différentes technologies intégrables : Système d'entrée, Système d'analyse et de contrôle, Système de sortie, Les différents moyens de transmission / interconnexion d'électricité et de données, Énergie.

La quatrième partie discute l'évolution des méthodes de fabrication des textiles électroniques à travers les différents degrés d'intégration des composantes électroniques et de la connectique en citant différentes recherches, travaux, projets, exemples dans le domaine de l'e-textile.

Comment le textile électronique a commencé et a évolué à travers le temps ?

Quelles ont été les premières apparitions des textiles électroniques et quelles sont les évolutions possibles dans le temps ?

[400] Sorna Mugi Viswanathan, " E-Textile and its Applications ", International Journal of Engineering Science and Computing 9 n°3, (2019): 174-176.

2-1 Aperçu historique et évolution chronologique de l'intégration des technologies dans le textile : du matériau à la matière active

La première représentation de textile qui inclut une composante électrique existe depuis longtemps, près de 1000 ans[401]. Elle se manifeste dans la technique de combiner des fils - filaments métalliques conducteurs (or ou argent) ou autres (feuille métallique fine) avec le tissu. Le concept du fil métallique conducteur était utilisé depuis des siècles pour des finalités d'ordre esthétique : ornementer les vêtements. On cite par exemple les robes de la reine Élisabeth d'Angleterre qui ont été brodé vers les année 1600 avec des fils enveloppés en Or pour donner un accent de brillance[402] voire de luxe : « *Puisque le fil tissé avec des matières conductrices existait déjà il y'a près de 1000 ans. Les artisans brodaient du fil d'or dans les tissus. Ceux-là étaient dédiés aux tenues des personnes haut-placées dans la société, et était signe de richesse* »[403]. Au deuxième siècle, il existait de nombreux exemples d'utilisation de fibres conducteurs dans la fabrication des textiles et vêtements[404]. Après avoir utilisé les fibres conductrices dans le textile pour des fins esthétiques, l'idée de combiner des éléments conducteurs avec des circuit électrique ou électronique s'est instauré. En conséquence l'homme a commencé à réfléchir à intégrer les fibres conductrices dans le textile pour un but : conduire l'électricité ou la chaleur.

Nous allons tout d'abord commencer par présenter un petit aperçu historique afin de décrire les différentes manières dont les textiles et vêtements modifié électriquement et électroniquement ont évolué au fil du temps dès leur première apparitions et jusqu'aux années 2000 : « *Mais la miniaturisation des puces électroniques ainsi que le perfectionnement des tissus conducteurs et le développement de la fibre optique ont permis la prolifération des textiles intelligents au cœur des années 2000* »[405]. Nous avons choisi

[401] Granch Berhe Tseghai, Benny Malengier, Kinde Anlay Fante et al., " Integration of Conductive Materials with Textile Structures, an Overview. ", *Sensors*, vol. 20, no. 6910 (Basel, Switzerland, 2020), accessible sur le lien : https://doi.org/10.3390/s20236910.
[401] Jennifer M. Harris, *Textiles 5,000 Years: An International History and Illustrated Survey*, (H.N. Abrams, New York, NY, USA, 1993).
[402] Madison Maxey, " A Brief History of E-Textiles / Soft Circuits ", *Loomia*, le 10 Avril, 2019, accessible sur le lien : https://www.loomia.com/blog/2019/4/20/a-brief-history-of-e-textiles-soft-circuits, consulté le 03 Juin 2021.
[403] Marine Pierrot Plenard, "Textiles intelligents ou vêtements connectés, la technologie à même la peau", *Kicklox*, le 17 Juillet, 2021, accessible sur le lien : https://www.kicklox.com/blog-client/textiles-intelligents-la-technologie-a-mem-la-peau, consulté le 05 Juin 2022.
[404] Adriana Garcia and Diana Wood Conroy, " A golden garment from ancient Cyprus? Identifying new ways of looking at the past through a preliminary report of textile fragments from the Pafos "Erotes" Sarcophagus ", 2010, 36-46, accessible sur le lien: https://ro.uow.edu.au/scipapers/1023.
[405] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 40.

d'analyser dans ce chapitre les premières intentions des différentes créateurs derrières les projets conçus à cette époque.

Nous allons nous référer à une étude sur le développement des textiles électroniques[406], qui expose la chronologie des évolutions majeurs des circuits électriques et des composantes électroniques ajoutés aux textiles et vêtements pour analyser les évolutions possibles qu'ont connus les différentes générations. Notre analyse commence par approcher dans cette partie la première génération : circuits électriques et électroniques ajoutés aux vêtements avant d'arriver aux e-textiles proprement dits dans la partie qui suit.

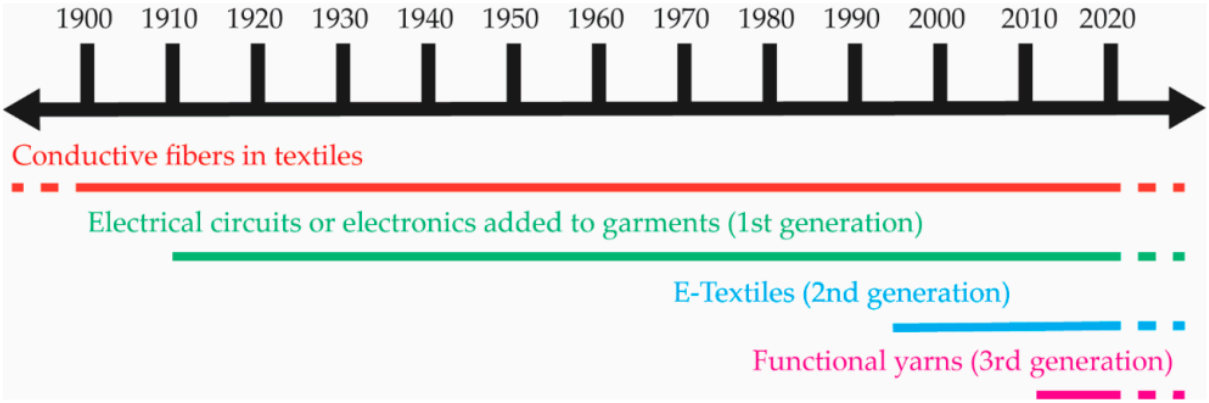


Figure 3. Chronologie des différentes générations de textiles électroniques (Hughes-Riley, T. ; Dias, T. ; Cork, C., 2018)

Ces analyses vont nous permettre de montrer l'impact des principales évolutions dans le domaine de l'électricité et de l'électronique sur le développement de nouvelles applications textile et habillement intégrant de l'électronique portables vers l'instauration de nouveaux concepts. Quels sont les évolutions pratiques qui ont marqué ces générations ? Quels sont les concepts qui se dégagent ? Quels sont les usages qui en découlent ?

Nous allons exposer les premiers essaies et évolutions qui ont marqué l'histoire des textiles – vêtement électriques et électroniques. Nous allons commencer par la première génération : les circuits électriques ou composants électroniques ajoutés aux vêtements comme première évolution qui a donné suite à des vêtements lumineux et à des vêtements conducteurs de chaleur.

[406] Theodore Hughes-Riley, Tilak Dias et C. R. Cork, " A Historical Review of the Development of Electronic Textiles.", *Fibers*, vol. 6 (2018): 34, accessible sur le lien: https://doi.org/10.3390/fib6020034.

Avec l'évolutions des habitudes et des besoins de la société moderne, des invention et innovations technologiques, de nouveaux usages des textiles qui intègre - associe des éléments électriques et électroniques sont apparus dans le but d'assurer un usage spécifique.

Nous allons examiner les méthodes de créations et de réalisation des premières traces de ces initiatives d'application textiles qui ajoute de l'électrique ou de l'électronique**.** Depuis l'apparition de la notion de portabilité, certaines recherches ont été menées combinant électricité et textile cherchant à convertir l'énergie électrique dans d'autres formes comme la lumière et la chaleur créant une nouvelle génération de dispositifs textiles électroniques pour de nouveaux usages.

a. Vêtements lumineux : textile et lumière

Les différentes évolutions produites par la révolution industrielle ont engendré un nouveau rapport entre la science et la technique. Certaines inventions ont marqué en profondeur nos civilisations. De nombreux chercheurs les ont utilisés pour développer des applications industrielles dans différents secteurs. La première invention qui a marqué en profondeur le domaine du textile fut l'électricité : « *Pour la filière textile, leurs travaux aboutirent à la mécanisation des métiers dans un premier temps, puis au développement de process pour traiter la surface du tissu comme la sublimation qui permet de transférer un motif imprimé en numérique sur un tissu et enfin, aujourd'hui, par l'introduction de l'électricité au cœur du tissus lui-même, amenant des fonctionnalités liées au mouvement* »[407]. L'évolution de la technologie à l'ère industrielle va de pair avec une tendance croissante à la miniaturisation. D'où l'apparition de La révolution électronique qui était aussi importante que la révolution industrielle du fin XVIII^{ème}, début XIX^{ème} siècle et qui s'appuie sur une même dynamique : l'industrie aux services des recherches scientifiques. Préalablement, l'invention de l'ampoule par Thomas Edison en 1879[408] a influencé le monde du textile et plusieurs applications se sont découlé par la suite : « *Si au départ, l'ampoule mise au point par Thomas Edison servait à éclairer, de multiples applications en dérivèrent. …toutes ces applications sont liées à la notion de performance et de service. A partir des années 1980, et comme pour les textiles, des produits liées à l'immatérialité et au mouvement*

[407] Bost et Crosetto, *Textiles, innovations et matières actives*, 33.
[408] Ibid., 60.

émergent »[409]. Ce n'est cependant qu'à la fin du XIX[ème] siècle, avec le développement et l'accoutumance des gens à des appareils électriques, des collaborations ont été faites par des concepteurs et les ingénieurs pour commencer à intégrer l'électricité dans la création des vêtements et des bijoux[410], en élaborant une série de colliers illuminés et motorisés, des chapeaux, des broches et des costumes[411].

La première apparition des vêtements lumineux fut avec le projet "fille électrique" – "Electric girls" conçu en 1800[412] pour une troupe de danseuses de ballet et qui consiste à attachés des lampes électriques en créant un circuit aux robes des ballerines dans le seul but de briller pendant le spectacle. Les robes deviennent alors des sources de lumière mobile, qui se déplace animant l'espace. La tenue renforcée avec de la lumière a permis aux danseuses de devenir illuminées ainsi d'ajouté un impact esthétique et émotionnel considérable dans l'attraction de la scène spectaculaire[413]. Ces corps lumineux en mouvement offrent au public une nouvelle dimension exceptionnelle du spectacle à travers cette nouvelle application technique de la lumière.

Figure 4. "Electric girl", 1800 ***(Grey River Argus, 1884)***

[409] Bost et Crosetto, *Textiles, innovations et matières actives,* 60.
[410] Carolyn Marvin, '*When Old Technologies Were New: Thinking about Electric Communication in the Late Nineteenth Century* (Oxford University Press, USA, 1990).
[411] Ibid.
[412] " Electric Girls ", *The New York Times*, April 26, 1884, accessible sur le lien : https://www.nytimes.com/1884/04/26/archives/electric-girls.html, consulté le 05 Juin 2020.
[413] " Electric Girls ", *Gray River Argus*, vol. XXXI, no. 5032, 8 November 1884, 1, accessible sur le lien : https://paperspast.natlib.govt.nz/newspapers/GRA18841108.2.16.12.

Ensuite, l'entreprise commerciale « Electric Girl Lighting Company », a soutenu un projet nommé « Les filles illuminés », « illuminated girls ». Ce sont robes lumineuses conçu pendant les années 1884 pour être porté pendant les occasions organisée à l'intérieur par des hôtesse et serveuses[414]. Ces robes possèdent le même principe des robe ''Elecrtric Girl'' mais soutiennent une nouvelle pratique symbolique portant sur une approche sociétale de démocratisation de l'éclairage électrique : « *L'histoire du vêtement connecté a commencé dès la démocratisation du courant électrique dans les sociétés occidentales. Au 19ème siècle déjà, des employés de la société « Electric Girl Lighting Company » portaient des robes de soirée incrustées de petites ampoules afin de briller en société. »*[415]. « Illuminated girl » est devenue un concept qui rend celle qui le porte une sorte de modèle d'un statut social à travers sa robe de soirée qui est un objet ornemental, une source lumineuse qui sert à éclairer l'espace et qui peut remplacer en quelque sorte les sources d'éclairage classique, fixe et courant. Ces robes sont devenues une sorte de sources lumineuses *dans* le but de briller, procurer distraction, divertissement et amusement pour les invités à travers la lumière en mouvement pendant les soirées mondaines. Une sorte de projet concept dans le but de propager la démocratisation du courant électrique marquant cette nouvelle ère.

Ces premières initiatives d'application de la lumière dans le textile étaient élémentaires de point de vue technique, l'innovation faite par cette simple fusion a donné lieu à des vêtements dans le seul but était d'éclairer : exposer la lumière d'une manière simple à travers le substrat vestimentaire, mais portant une forte charge symbolique : porter la lumière sur soi, se vêtir de lumière, une lumière en mouvement. Nous pouvons qualifier ces applications comme étant des "Textiles - lumière" : « *Il est curieux de constater que le textile et la lumière ont suivi, presque en parallèle, la même évolution dans leurs applications. Dans les deux cas le facteur commun qui les rapproche, avec de nouvelles pistes d'application, est le mouvement* »[416]. Une volonté d'introduire ces expérimentations de vêtements lumineux dans les habitudes sociétales de cette époque n'a pas abouti car il n'y avait pas vraiment un réel besoin : *« Au cours du 19ème siècle et au début de 20ème siècle, des initiatives isolées ont tenté d'inscrire cette combinaison de l'électrique et du textile dans les pratiques de la vie quotidienne, mais sans réel succès* »[417]. Ces premières recherches sont considérées comme

[414] Carolyn Marvin, " Dazzling the Multitude: Imagining the Electric Light as a Communications Medium. ", In J. Corn, (Ed.), Imaging Tomorrow: History, Technology, and the American Future, (Cambridge, M.I.T. Press, 1987): 202-217.
[415] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 47-48.
[416] Bost et Crosetto, *Textiles, innovation et matière actives*, 58.
[417] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 47-48.

futile de point de vue fonction et fonctionnalité, mais ce sont des modèles expérimentales et inspirationnelles qui ont une forte valeur symbolique, qui vont influencer de manière ou d'une autre ce qui va suivre. C'est ce qui va inspirer les créateurs de mode et les artistes contemporains pour le déclenchement futur de nombreux projets avec de nouvelles pistes d'applications de textiles et vêtements lumineux fonctionnels : « *Ainsi, la première fonction du tissu fut de protéger – puis de véhiculer – des informations socio-culturelles ; celle de la lumière électrique, d'éclairer. Mais, très vite l'un comme l'autre ont développé des utilisations techniques avec des nouvelles fonctionnalités* »[418].

Dans la continuité de l'évolution des textiles lumineux, mais avec un dynamique basé sur la réaction suite au mouvement. Nous allons maintenant analyser le projet Robe lumineuse et collier[419], conçu en 1998 par Maggie Orth. L'artiste technologue Maggie Orth qui est considéré comme une pionnière "des textiles électroniques, des modes interactives, de l'informatique portable et de la conception d'interface" [420]. Elle a réalisé beaucoup de projets vêtements électroniques à travers l'incorporation de composantes électroniques par borderie ou par ajout sur des textiles traditionnels assurant la communication.

Le projet que nous allons analyser est une robe interactive qui réagit en fonction des mouvements du corps de son porteur. La robe s'illumine quand la personne marche et embellis ses mouvements à travers une performance lumineuse, animée, dynamique et évolutive. Cette œuvre permet de montrer les possibilités offertes par la technologie et les nouvelles pratiques artistique donnant lieu à une création immatérielle, vivante. C'était une nouvelle expérience basée sur l'interactivité entre la robe et le porteur. Le projet vestimentaire est une combinaison créative entre matériaux textile et autres composants électriques assurant la luminosité et qui sont (tissu conducteur : organza de soie métallique, diodes électroluminescentes, fils conducteur, piles, perle d'or, velcro conducteur)[421]. Pour assurer la communication, il suffit d'avoir un minimum de composantes (une source d'énergie et un réseau conducteur et un interrupteur)[422]. Cependant, nous allons expliquer le fonctionnement de ces composantes.

[418] Bost et Crosetto, *Textiles, innovations et matières actives*, 58.
[419] Maggie Orth, " Firely Dress and Necklace, 1998 ", accessible sur le lien: http://www.maggieorth.com/art_Dress.html.
[420] Maggie Orth " Les boursiers des Etats-Unis ".
[421] Maggie Orth, " Firely Dress and Necklace, 1998 ".
[422] IDEFI CréaTIC (Université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents,* Paris : les Éditions de l'immatériel, 25 Septembre, 2016, 20, accessible sur le lien : https://issuu.com/ideficreatic/docs/textile-innovant4, consulté le 19 Mai 2020.

La création est alors composée de deux éléments dynamiques : la jupe et le collier. La partie inférieure de la robe, une jupe composée de deux couches d'organza conducteur, une fournissant le courant et l'autre lié à la terre pour éviter les risques en cas de surtensions. Ces deux couches sont isolées électriquement par une couche en tulle qui inclut des suspensions attachées de diodes électroluminescentes muni d'une extrémité en velcro conducteur pour assurer le contact. Cette partie de la robe est imaginé et conçu comme un circuit électrique simple. Quand le circuit est complet les extrémités des Leds touchent les surfaces d'alimentation ils peuvent s'allumer et donner lieu à un spectacle en mouvement continu. La partie supérieure de la robe, un corsage contenant un panneau frontal conducteur brodé et un collier qui contient des pompons conducteurs permettant de passer le courant en touchant le plan d'alimentation brodé. Ces pompons sont responsables su passage du courant au collier qui s'illumine en clignotant et changeant la couleur des Leds selon la quantité de courant reçu[423]. Il s'agit d'une œuvre d'expérimentation parce que à ce stade on est encore dans le fait main, dans l'artisanat technologique ou la technologie artisanale sous forme d'essais dans des laboratoires afin de combinant textile et technologie, cherchant de nouveau usage et de nouvelles possibilités de travailler la matière et d'intégrer de nouvelles composantes qui vont changer la perception et la pensé traditionnel du substrat vestimentaire.

Figure 5. Robe lumineuse et collier Firefly, 1998 (Maggie Orth - 2009)
© 2009 Maggie Orth. Tous les droits sont réservés.
Source : http://www.maggieorth.com/art_Dress.html

[423] Maggie Orth, " Firely Dress and Necklace, 1998 ", accessible sur le lien: http://www.maggieorth.com/art_Dress.html.

Plus tard, suite aux avancés technologique et la miniaturisation des composantes électroniques et des sources lumineuses et l'évolution des procédés de leur fabrication et de leur intégration dans le tissu, certains concepteurs ont commencé à réfléchir comment peuvent-ils employer le matériau : lumière dans d'autres applications textiles innovantes et fonctionnelles : de plus en plus élaborés et plus sophistiqué. Nous allons montrer certains projets plus développés de vêtement lumineux innovants dans (la troisième section de la thèse : mode et Fashion Tech). Ces projets sont plus élaborés et considéré comme des vêtements autonomes pour leur capacité à réagir de manière automatiques grâce à la programmation et aux logiciels de traitements des données.

b. Vêtements chauffants et qui contrôle la température : textile et conductivité

Revenons maintenant à une autre application qui a marqué l'époque qui suit l'invention de l'électricité et qui consiste à utiliser des fibres conductrices pour développer des vêtements qui ont une fonction : chauffants et qui contrôle la température à travers l'intégration de certaines composantes électroniques simples dans le textile. Commencer à réfléchir à comment mettre les composantes en œuvre pour créer des vêtements qui ont une fonction : Vers une recherche de fonction et de fonctionnalités dans le substrat vestimentaire.

L'intégration des fibres conductrices dans le vêtement pour faire passer le courant électriques dans le but de réchauffer a été employé pour la première fois pour la création d'un gant chauffant électrique breveté en 1910[424]. Cette invention utilise l'effet de chaleur qui se dégage de la résistance appelé chauffage par effet ohmique (chauffage par effet Joule ou chauffage résistif)[425] : « *Traditionnellement, les textiles chauffants sont réalisés en s'inspirant des câbles chauffants. Un fil conducteur résistif (quelque Ohms par mètre) est court-circuité pour chauffé par effet Joule. Pour assurer la sécurité du système et des utilisateurs, le fil est soit initialement gainé, soit après insertion, laminé entre des matériaux isolants* »[426]. C'est-à-dire qu'au début de la création des vêtements chauffants, le procédé consiste tout simplement à attacher un fils conducteur ou le courant électrique passe par une résistance électrique conduisant un effet de chauffage.

[424] Anton Pollak, " Electric-Heated Garment ", US. Patent 1,073,926, 23 September 1913.
[425] James Prescott Joule, " On the production of heat by voltaic electricity. ", Proceedings of The Royal Society of London 4 (1840): 280-282, accessible sur le lien: https://doi.org/10.1098/rspl.1837.0140.
[426] Cédric Cochrane, " Textiles Intelligents – Approche Système " (Habilitation à Diriger des Recherches, École Doctorale Sciences pour l'Ingénieur de l'Université de Lille, 30 novembre 2018) : 57, accessible sur le lien : https://lilloa.univ-lille.fr/bitstream/handle/20.500.12210/18841/HDR_Cochrane_Cedric.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Beaucoup d'applications se sont inspirées de ce concept, et ont utilisé cette même technique pour chauffer certaines parties du corps à travers une mise en place d'éléments chauffants au niveau de la partie souhaitée. Certains vêtements chauffants électriquement ont été générer tels que : des bottes chauffantes[427], veste chauffante, couverture chauffante, chaussettes chauffantes, un tricot chauffant. Un changement au niveau du support mais la fonction reste toujours la même. Ces applications permettent à leur porteur d'acquérir une fonction de réchauffage nomade.

Le seul bémol dans cette technique reste, la méthode d'intégration de la partie conductrice dans le tissu qui influence le procédé de transmission du courant : « *Un des points négatifs lié à l'usage de tels dispositifs est la non-homogénéité de la température sur la zone de chauffage. En effet, à l'emplacement du fil, la température peut être élevée et le gradient de température très important en s'éloignant de celui-ci* »[428]. Puisque les composantes de cette époque n'étaient pas assez développées, donc leur incorporation dans le vêtement ne permettait pas d'avoir un résultat vraiment efficace. Les chercheurs travaillent pour développer des pistes pour palier à ce problème afin de pouvoir développer des produits plus élaborés à travers des nouvelles méthodes d'intégration du fils conducteur dans le textile de manière à obtenir plus d'homogénéité dans la répartition de la chaleur ou du chauffage. Des nouvelles techniques vont être développées plus tard pour pallier cette défaillance du chauffage thermique non harmonieux et donner plus de possibilités techniques pour les concepteurs.

Malgré cela, les concepts adoptés à cette époque sont encore valables aujourd'hui mais avec certaines évolutions ce qui prouve la pertinence de ces premières innovations. Le développement de ce type de textiles et vêtement continuent jusqu'à nos jours et compte un réel intérêt pour les créateurs qui essaye de proposer un résultat amélioré, un usage plus perfectionné et ciblé et avec de nouvelles propriétés en améliorant les techniques de fabrication.

Prenons comme exemple le produit e-textile, gant chauffant tricoté développé par le groupe de recherche The Advanced Textiles Research Group (ATRG) à l'université Nottingham

[427] Heinemann Otto, " Electrically-Heated Boot ", U.S. Patent 1,761, 829, 3 June 1930, accessible sur le lien: https://patents.google.com/patent/US1761829.
[428] Cochrane, " Textiles Intelligents – Approche Système ", (Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Lille, 2018), 57.

Trent. Les gants tricotés avec du fils métallique conducteur qui a la capacité de réchauffer[429]. Cette technique permet d'avoir un tissu flexible et un réchauffement homogène grâce au tricotage comme nouveau processus de fabrication qui permet d'inclure le fils conducteur dans la structure du tissu de manière à ce qu'il devient une partie intégrante permettant un passage de chaleur plus adaptée. Un brevet, présente le tricotage comme moyen pour créer des circuits et des voies électriques[430]. Plus tard, les composantes électroniques seront carrément intégrées dans le fils offrant plus de potentialités créatives et de possibilités - ouvertures fonctionnelles. (Vous trouvez plus d'explication dans le partie niveau d'intégration des composantes électronique dans le textile).

Le Musée des métiers contemporaine – Museum of Contemporary Craft de New York a organisé en 1968 en conséquence une exposition intitulée "Body Covering", offrant l'opportunité d'examiner pour la première fois un ensemble de vêtement dotés de la capacité de réchauffer et de refroidir leur porteur[431]. Dans ce sens, une combinaison spatiale capable de s'allumer ; se gonfler, se dégonfler, se chauffer, se refroidir par elle-même a été exposé[432]. Un passage vers l'autonomie dans l'exécution de la fonction. Puisque les recherches dans les domaines spatiales, militaire ont été toujours précurseur par rapport à leur temps. Le vêtement devient alors capable d'assurer plusieurs fonctions à la fois. C'était l'une des premières initiatives d'utilisation de textiles pour un but de protection.

Nous pouvons conclure alors que cette première génération : circuits électriques et électroniques ajoutés aux vêtements ne sont pas des textiles intelligents car ce ne sont que des simples conducteurs d'électricité ou de chaleur commandé qui nécessite d'être activé pour fonctionner. C'est-à-dire que c'est de l'électronique analogique. « *L'électronique analogique utilise les caractéristiques électriques et mécaniques du composant, c'est la plus simple et historiquement la première », comme l'indique Florence Bost, dans son livre « textiles, innovations et matières active* »[433]. Dans ce sens, le textile n'est qu'un substrat sur lequel on vient appliquer une technique ou une technologie, c'est-à-dire qu'il n'est pas autonome.

[429] "Advances Textiles Research Group", *Nottingham Trent university*, https://www.ntu.ac.uk/research/groups-and-centres/groups/advanced-textiles.

[430] Tilak Kithsiri Dias, Kimberley Mitcham, William Hurley, " Knitting Techniques ", U.S. Patent 7,779,656, 24 August 2010.

[431] Jane Pavitt, *Fear and Fashion in the Cold War* (London: V&A Publishing, 2008).

[432] Paul Smith, *Body Covering* (New York: Museum of Contemporary Crafts, the American Craft Council, 1968).

[433] Bost et Crosetto, *Textiles, innovation et matières active*, 27.

Nous allons expliquer en général le principe de fonctionnement d'un système simple qui ne fonctionne pas de manière autonome. Ces tissus ont un seul mode de fonctionnement actif. Ils sont réversibles car ils peuvent passer d'un état passif à un état actif via un interrupteur (par exemple bouton). Dans cette première génération, les circuits électriques nécessitent un interrupteur pour contrôler le fonctionnement du dispositif. Un interrupteur est indispensable pour ouvrir ou fermer le circuit du système électrique. Donc l'activation du système dépend uniquement de l'utilisateur : « *Les e-textiles qui conduisent l'électricité réagissent dans l'immédiateté de l'impulsion qui leur est faite. Elle est le résultat d'un ordre donné par l'homme par le biais d'un dispositif électronique ou tout simplement d'un interrupteur* »[434]. L'interrupteur permet le passage d'un état passif à un état actif. Ce qui acquiert au vêtement un mode de fonctionnement réversible. Dans d'autres cas le contact direct des fils conducteurs suite à une action non définie par l'utilisateur comme le mouvement (tel que l'exemple de la robe lumineuse de Magie Orth), peut activer le circuit.

Jusqu'à lors, les vêtements ont accordé la simple fonction de transformer l'énergie en lumière ou en chaleur grâce à la formation d'un circuit électriques avec des composantes électroniques. Plus tard, de nouvelles évolutions technologiques, ont permis d'attribuer au vêtement une véritable fonction - fonctionnalité : celle de communication assurée à travers l'ajout d'un électronique programmable. Il s'agit de trouver des solutions à cette problématique à travers la recherche des méthodes qui vont permettre de transmettre les données entre les différentes composantes électroniques. Le vêtement devient alors doté de fonctionnalités interactives grâce à différents types d'interface homme-machine. Nous allons expliquer dans ce qui suit les premières apparitions des vêtements électroniques communicants autonomes.

Quels ont été les évolutions technologiques qui ont participés à cette innovation : vêtements électroniques communicant autonomes ?

Quelles sont les propriétés spécifiques apportés par cette nouvelle génération ?

[434] Bost et Crosetto, *Textiles, innovation et matières active*, 37.

2-2- " Wearable éléctronics ", " Wearable Computing " et " Smart fabrics" : naissance des premiers textiles électroniques interactifs

Selon l'étude de Hughes Riley sur le développement des textiles électroniques[435], 1990 date le début des e-textiles. Selon lui, il s'agit d'une deuxième génération qui vient suite à la première génération : circuits électriques et composantes électroniques ajoutés aux vêtements. Florence Bost, confirme aussi dans son livre " Textiles, innovation et matière active " que les e-textiles sont apparus dans les années 1990[436] et qui sont des tissus qui fonctionne électriquement comme de l'électronique et physiquement comme les textiles : « *Les e-textiles sont conducteurs et utilisateurs d'électricité. Ils sont à cheval sur deux domaines celui du textile et de l'électronique* »[437]. L'enjeu consiste à dépasser la simple conduction d'énergie vers des recherches de nouvelles manières de conduire aussi les données. C'est-à-dire que ces dispositifs textiles intègre des composantes électroniques et des interconnexions qui les relient sur des tissus ordinaires en intégrant des fils conducteurs mis à part les fils ordinaires. Le vêtement électronique n'utilise pas seulement la conductivité électrique pour relier les différentes composantes électroniques mais s'accorder une nouvelle propriété celle de conduire les données[438]. Les composantes électroniques comme les périphériques d'entrée, de sortie ... offrent des capacités d'interaction donnant lieu à un vêtement électronique interactif[439]. Ainsi, nous pouvons constater que les textiles électroniques constituent un secteur de recherche qui fait partie du domaine de recherche sur les « wearable computing » - « informatique portable ».

Comme nous l'avons déjà montré, au milieu des années 90, le départ historique de la notion de l'« informatique portable », « Wearable Computing » a été développé par certains chercheurs principalement par une équipe de recherche au (MIT Media lab)[440] dirigé par Steve Mann. Il y a eu d'autres expérimentations avant lui qui se sont intéressé à ses systèmes miniaturisé qui colonise le corps mais Mann est considéré comme étant précurseur. Ces démonstrations sont composées d'équipement informatiques traditionnel ainsi que d'élément mécaniques portables (enregistrement audio, vidéo, …) attaché, greffé, porté sur le corps.

[435] Hughes-Riley, Dias and Cork, " A Historical Review of the Development of Electronic Textiles.", *Fibers*, vol. 6 (2018).
[436] Bost, Crosetto, *Textiles, innovation et matières active*, 26.
[437] Ibid.
[438] Joanna Berzowska et Marcelo Coelho, " Kukkia and Vilkas: kinetic electronic garments. ", *Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC'05)* (2005): 82-85.
[439] Dina Meoli, " Interactive Electronic Textiles: Technologies, Applications, Opportunities, and Market Potential.", (Raleigh, NC, USA: NorthCarolina State University, 2002).
[440] MIT: Massachusetts Institue of Technology

Ces recherches ont inspiré maints domaines et ont mener à la création de nombreux dispositifs électroniques portables vers une nouvelle génération d'interaction homme-machine. Le domaine du textile a vite compris la potentialité de la notion de l'« informatique portable » et s'est impliqué dans cette démarche innovatrice. La recherche sur les textiles électroniques est étroitement liée à la recherche sur l'informatique portable, « wearable Computing » mais les e-textiles s'avère être un domaine à part[441]. Le domaine de la recherche des textiles électroniques est assez récent et a un objectif légèrement différent et qui consiste à étudier la technologie électronique et de la technologie informatique qui sont intégrés, incorporé dans le textile[442]. Les recherches dans ce domaine ont donné alors la possibilité d'étudier la technologie électronique et informatique intégrés aux textiles dans le but de concevoir des projets de vêtement électroniques interactifs - communicants qui fonctionne comme des ordinateurs mais en même temps qui conserve toutes les propriétés intrinsèques d'un vêtement ordinaire : « *Les premiers textiles communicants remontes aux années 90 avec la création de « wearable computers » au MIT Media Lab. Ces vêtements consistaient à ajouter des composantes électroniques, par broderie ou par ajouts sur des tissus ordinaires* »[443]. Il s'agit d'ajouter à travers différentes techniques et méthode de confection – des technologies d'intégration des d'éléments électroniques et informatiques rigides, souples... sur des substrats textiles mous dans une recherche de discrétisation totale de la technologie dans la lignée de l'idée de Mark Weiser[444].

Nous allons expliquer cette idée en détail dans la suite.

Alors nous pouvons appuyer la pensée de Mondal qu'une interconnexion s'établit entre les différentes disciplines de: l'électronique numérique, de technologie de l'information et des tissus intelligent [445] qui partagent une relation synergique vers l'instauration d'un nouveau paradigme : textiles électroniques – e-textiles en tant que domaine de recherche récent créant des opportunités prometteuse et anticipant l'apparition de nouvelles capacités et de nouveaux modes d'utilisation du substrat textile.

[441] Jahid Sarker et al., "E-textile: A New Sensation in Textiles", Textile Focus, November, 9, 2016, accessible sur lien: https://textilefocus.com/e-textile-new-sensation-textiles.
[442] Leah Buechley, " A Construction Kit for Electronic Textiles. ", *IEEE International Symposium on Wearable Computers*, vol. 10 (Montreux:2006): 83-90.
[443] IDEFI CréaTIC (université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents*, 12.
[444] Mark Weiser, " The computer for the 21st Century ", *IEEE Pervasive Computing*, vol. 1 (2002): 19-25.
[445] Kunal Mondal, " Recent Advances in Soft E-Textiles. ", Inventions 3, n° 2, (2018) : 23, accessible sur le lien : https://doi.org/10.3390/inventions3020023.

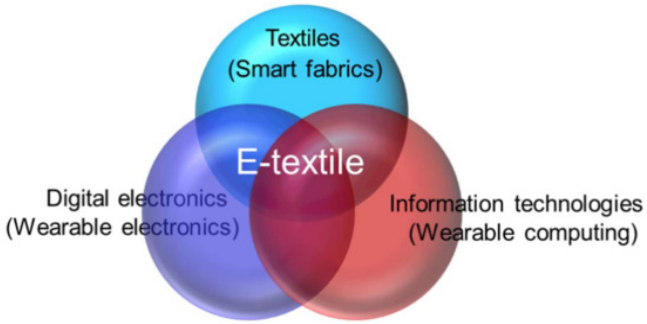


Figure 6. Les 3 domaines qui font naissance à l'e-textile (Mondal, K. 2018)

Cependant, le choix du corpus de recherche s'est fixé sur les textiles électroniques -e-textiles comme produit additionnel (textile + électronique portable + informatique portable) à travers ses applications vestimentaires intelligentes, facilitant le quotidien des usagers en leur procurant plus d'autonomie, de confort, de bien-être et de facilité d'usage. Beaucoup d'exemples de vêtements interactifs qui visent à créer de nouvelles relations entre le porteur, le porté et l'environnement (matériel et immatériel) à travers les différents services intelligent offerts. Le vêtement sera alors qualifié de "très intelligent" pour plusieurs raisons : sa capacité à détecter communiquer, échanger avec le porteur, l'environnement et les autres. Les textiles électroniques peuvent être définis ainsi comme étant une nouvelle génération de textile doté de capacité intelligente, capable de fournir des fonctions – services intelligentes[446]. C'est-à-dire que les e-textiles sont qualifiés d'intelligent pour leur capacité à évoquer de nouvelles fonctions et fonctionnalités qui d'après le Dictionnaire culturel du tissu, « *[o]nt été introduites dans ces étoffes, via la mobilisation de nouvelles technologies, afin de leur communiquer une activité, voire une certaine interactivité avec notre corps et avec l'environnement. Ce qui laisse entendre qu'ils possèdent une intelligence*. »[447]. Les e-textiles intègrent des systèmes miniaturisés électroniques et fonctionnent de manière autonome grâce à la programmation : *« L'électronique numérique passe par la programmation, ce dernier cas outre la connaissance de l'électronique il faut aussi connaitre le langage informatique* »[448]. C'est-à-dire les e-textiles contiennent des éléments électroniques, conducteurs et un programme : « *Lorsque la programmation est poussée, nous avons illusion qu'ils sont « intelligents ». Mais ce n'est que le résultat complexe de scénarios informatiques* »[449].

[446] Hughes-Riley, Dias and Cork, " A Historical Review of the Development of Electronic Textiles. ", *Fibers*, vol. 6 (2018).
[447] Régis Debray et Patrice Hugues, *Dictionnaire culturel du tissu* (Babylone / Fayard, 2005).
[448] Bost et Crosetto, *Textiles, innovation et matières active*, 27.
[449] Ibid., 29

Cependant, les textiles intelligents sont la catégorie globale qui inclut les textiles électroniques comme type de textile intelligent avancé – adaptatif impliquant la haute technologie : « *L'enjeu est de cesser de considérer le vêtement comme un assemblage de matières textiles inertes pour offrir au consommateur des produits porteur de services du fait des innovations technologiques qui transforment les matières textiles en éléments actifs sur le corps et interactifs avec le milieu environnants* »[450]. C'est-à-dire le degré d'intelligence se mesure à travers la réponse : leurs capacités à répondre d'une manière adaptée selon les conditions, à interagir. Donc on peut affirmer que les e-textiles sont des textiles interactifs. L'intelligence du textile évolue avec l'évolution de ses capacités intelligentes. Selon Tao, l'évolution du degré d'intelligence d'un textile ou d'un vêtement intelligent se mesure par sa capacité à remplir les fonctions suivantes : Sens, réaction, adaptation[451]. Essentiellement, les textiles très intelligents sont une nouvelle catégorie de textiles qui ont la capacité de détecter / sentir, de réagir et de répondre et s'adapter à des conditions ou à des stimuli externes[452], d'adapter leur comportement aux circonstances données[453].L'intelligence constitue le principal levier créatif des textiles électroniques. Il s'agit d'une nouvelle génération de vêtement interactif qui fonctionne intelligemment à travers les composantes technologiques intégrés et le scénario informatique associé[454]. Le scénario informatique est celui qui guide le scénario d'usage de chaque dispositif textile intelligent offrant à chaque fois une expérience inédite pour son usager.

Cela nous amène à comprendre que le textile n'est qu'un support pour ces technologies permettant de le rendre intelligent voire très intelligent même. Un moyen de mettre les e-textiles intelligents en interaction avec l'environnement, avec le corps du porteur, avec ses objets connectés lui offrant et procurant une nouvelle dimension d'usage grâce à leur capacité intelligente**.** Comme nous l'avons déjà mentionné, depuis le XX^{ème} siècle, les textiles électroniques incluent des programmes informatiques qui sont capables d'exécuter toutes fonctions intelligentes. La notion de l'intelligence a alors joué un rôle majeur dans la création de nouvelles relations entre le vêtement et le porteur et entre le vêtement et l'environnement.

---

[450] Michel Sotton, " Quels textiles pour nos vêtements de demain ?," la 280ème conférence de l'Université de tous les savoirs, Vidéo en ligne. Canal-U, 01:12:54, 6 Octobre 2000, https://www.canal-u.tv/chaines/utls/materiaux-en-tous-genres-l-ancien-et-le-nouveau/quels-textiles-pour-nos-vetements-de (consulté le 13 mars 2022).
[451] Xiao-ming, Tao, *Handbook of Smart Textiles* (Singapore/New York: Springer, 2015), 30.
[452] Tao, *Handbook of Smart Textiles*, 40.
[453] Matteo Stoppa and Alessandro Chiolerio, " Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review. ", *Sensors 14* (Basel, Switzerland, 2014) : 11957 – 11992, accessible sur le lien : https://doi.org/10.3390/s140711957.
[454] Bost et Crosetto, *Textiles, innovation et matières active*, 37.

Une fonction de communication autonome s'établit à travers le stockage et l'échange de donnée de manière automatique.

Lorsqu'on parle d'e-textiles, on fait référence à différents articles en tissus. Les e-textiles se développent dans plusieurs domaines mais dans cette thèse nous nous focalisons sur les e-textiles conçus pour le domaine de l'habillement. Un lien est établi entre textile et vêtement puisque les textiles sont un point de départ naturel est évident pour la fabrication des vêtements. Les e-textiles deviennent alors une sorte d'interface utilisateur portable qui donne la possibilité à son porteur de l'utiliser constamment ou non. La différence entre les exemples réside dans la qualité d'interaction et la relation homme-machine qui va définir le scénario d'usage de chaque projet. Le vêtement devient ainsi doté de capacités d'interaction programmé – établi qui permet de le qualifié d'intelligent. Cette notion d'intelligence dans le vêtement à donner lieu à une nouvelle capacité d'autonomie et de communication qui se présente de différentes manières selon le contexte d'usage et l'application souhaité. (C'est-à-dire type et besoin de communication).

La conception des textiles intelligents prendra alors en compte les propriétés physiques du textile traditionnel ainsi que la conception de l'expérience utilisateur. Nous allons dans cette perspective, explorer les possibilités et les défis des e-textiles qui émergent à travers les différents types de dispositifs textiles conçu depuis les premières apparitions avec les recherches militaires et jusqu'au pionnier commercial en analysant différentes interfaces de communications possibles, les scénarios d'usage envisageables, les fonctionnalités offertes par chaque exemple. Nous allons montrer aussi les interactions possibles que le vêtement peut établir. Voir comment la technologie va modifier la fonctionnalité du vêtement ?

Nous allons présenter dans cette partie quelques réalisations phares des premiers pas vers l'intégration de l'électronique et de l'informatique dans le textile et qui vont nous aider à comprendre les nouvelles propriétés relationnelles qui peuvent s'établir entre l'utilisateur et le dispositif textile intelligent. Ce n'est pas la question technique seulement qui est centrale mais le but consiste à voir quelles sont les voies d'évolutions possibles du vêtement en tant que dispositifs de communications, d'échanges, de relation avec son état d'être car il peut communiquer des choses de soi-même puisqu'on peut le considérer comme étant la frontière d'échange et de communication entre le porté, le porteur, l'environnement qui l'entoure et les autres.

Cette fusion – synergie entre technologie et textile œuvre à la création de nouvelles possibilités d'application et de conception modifiant les propriétés du vêtement. Nous allons à travers les différents exemples que nous allons présenter, explorer les dimensions technologique, scientifique, sociale et esthétique qui en découlent vers l'apparition nouvelles perspectives et vision conceptuelles. Nous allons montrer à travers notre analyse quels sont les évolutions possibles du vêtement électronique en tant que dispositifs de communication, d'échange, de relation ? En considérant que les vêtements sont de nouveaux écrans pour la relation homme-machine, quel type de communication pour quel besoin et à travers quel type d'interface ?

a. Premiers e-textiles à usage professionnel : interface de détection et de surveillance : communication avec un système interne et externe

La création des textiles et vêtements électroniques intelligents a su tirer parti des progrès technologiques en matière d'électronique, d'informatique, … pour offrir des produits innovants, différents et performant. Ce progrès technologique se traduit à travers le développement continuel de système dits "intelligents" aux propriétés développées et de plus en plus autonomes.

Beaucoup de recherches ont été faites en conséquence, pour associer le textile, l'électronique et l'informatique qui sont nées au départ dans un contexte militaire afin de développer des uniformes de plus en plus performants. La technologie en tant que levier technique adopté dans le vêtement ne s'est réellement développée qu'avec la recherche militaire qui exige une amélioration permanente du matériels – équipements de protection individuels et des techniques utilisés pour protéger et contrôler les soldats afin de mettre toujours l'avantage dans l'usage de son côté. Les dispositifs textiles de communication sont venus comme solution permettant une interaction entre le soldat et la base.

"Georgia Tech Wearable motherboard (GTWM)" ou " Smart Shirt "

Le premier exemple que nous allons analyser a été considéré à cette époque comme une technologie innovante révolutionnaire. Le projet nommé "Georgia Tech Wearable motherboard (GTWM)", ou "Smart Shirt" développé pour la DARPA par Georgia Institue of

Technology en 1990[455] étant une première génération de dispositif textile électroniques adaptatif et réactif pour une application médicale[456]. L'intention initiale de la recherche qui a conduit au développement de ce projet a été de concevoir un textile intelligent capable de gérer la santé des soldats en mission militaire : suivi personnel. Ce projet est développé pour l'armée Américaine et subventionné par "The Us Defense Advanced Projects Research Agency (DARPA)". Ce vêtement intelligent interactif est une sorte de structure de traitement de l'information qui protège son porteur.

Il s'agit d'un système de surveillance en permanence des soldats sur un milieu de guerre capable de détecter les signes vitaux[457] d'un soldat de manière discrète et continue et capable d'alerter / avertir l'unité de triage médical stationnée à côté du champ de bataille dans le cas où le soldat est blessé – touché par balle et de transmettre les informations nécessaires sur son état de santé après la blessure (la blessure est détectée à travers la variation de ses signes vitaux)[458] afin de lui envoyer immédiatement une assistance médicale de secours (personnel médical) approprié sur les lieux en cas de danger.

Prototype 3ème génération du "smart shirt" **Prototype 4ème génération du "smart shirt"**

Figure 7. Georgia Tech Wearable motherboard (GTWM) (C. Gopalsamy, S. Park, R. Rajamanickam and S. Jayaraman, 1999)

[455] C. Gopalsamy, Sungmee Park, Rangaswamy Rajamanickam et Sundaresan Jayaraman, " The Wearable Motherboard™: The first generation of adaptive and responsive textile structures (ARTS) for medical applications. ", Virtual Reality 4 (Springer-Verlag London Ltd : 2005): 152-168, accessible sur le lien: https://doi.org/10.1007/BF01418152.
[456] Ibid.
[457]Andreas Lymberis et Rita Paradiso, " Smart fabrics and interactive textile enabling wearable personal applications: R&D state of the art and future challenges. ", 2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (2008): 5270-5273.
[458] Gopalsamy, " The Wearable Motherboard ", 152–168.

Système de fonctionnement

Les nouvelles fonctionnalités attribués au vêtement permettent la détection, la surveillance et le traitement de l'information dans un milieu de guerre. Ces fonctionnalités sont assurées à travers une communication interne entre les différentes composantes électroniques et les interconnexions qui les relie : transférer et d'échanger des informations à l'intérieur du vêtement et une communication externe des données avec l'interface de surveillance médicale à distance.

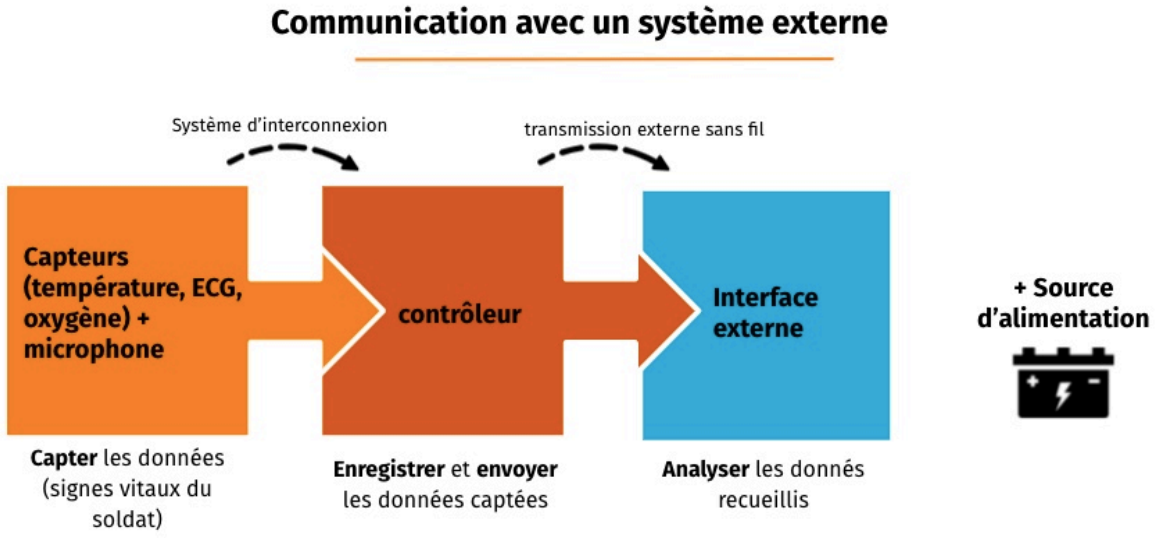


Schéma 3. **Schéma d'interconnexion entre les composantes électroniques de "Smart shirt" et communication avec l'interface de surveillance externe reliée**

Ce schéma représente le système de fonctionnement des différentes composantes internes du dispositif textile et leur interaction externe avec l'interface externe. A cette époque, les données recueillis à travers les différents capteurs sont envoyées à travers un bus informatique flexible à un dispositif (émetteur / récepteur) : contrôleur qui permet de transférer les informations des signes vitaux mesurés vers les différents équipements de surveillances associés tels que (électrocardiographe, enregistreur de température et de voix…). La technologie sans fils permet de transmettre ces données à d'autres dispositifs externes reliés (ordinateur de la base) permettant d'analyser les informations recueillies[459].

[459] Sungmee Park, Kenneth Mackenzie et Sundaresan Jayaraman, " The wearable motherboard: a framework for personalized mobile information processing (PMIP). ", Proceedings of the Design Automation Conference (IEEE Cat. No.02CH37324) (2002): 170-174, accessible sur le lien: https://doi.org/10.1109/DAC.2002.1012614.

Probablement l'envoi n'est pas instantané et dépend du débit d'envoi et de la quantité de données à envoyer.

C'est une première forme de transmission des données sans fil pour permettre une analyse des données recueillis à distance. La distance doit être courte puisque la technologie sans fil est encore en ces débuts c'est pour cette raison la base est stationné juste à côté du champ de bataille.

Dans cet exemple le pilotage n'est pas encore assuré à distance mais les résultats des analyses permettent de savoir si le cas nécessite d'envoyer les secours en urgence ou pas.

Niveau d'intégration des composantes

Après avoir expliqué en général le fonctionnement du dispositif textile électronique, nous allons maintenant montrer le degré d'intégration des différentes composantes électroniques dans le substrat textile.

Les fonctionnalités de cet e-textiles intelligent sont accordées à travers les capteurs intégrés de différentes manières dans le textile tissé dans la structure, intégré dans la structure du tissu et relié à travers des fibres optiques et des fibres conductrices d'électricité[460] à une unité de contrôle qui permet d'envoyer les informations collectées à travers un bus de données pour l'interconnexion et une technologie sans fil pour la communication externe.

L'enjeu de ce projet consiste à répondre à une double exigence : assurer les fonctionnalités proposées par cette nouvelle configuration de vêtement électronique qui est la détection, … et en même temps conserver les propriétés intrinsèques d'un vêtement ordinaire qui est le confort dans l'utilisation dans les conditions de guerre : milieu de combat.

Le vêtement doit être alors être facile à porter, léger, ajustable, adapter à la morphologie de son porteur. Ce vêtement épouse la forme de son porteur grâce à une mise en forme électronique. Les procédés de fabrication de ce vêtement ont aidé à conserver les propriétés intrinsèques d'un vêtement ordinaire.

[460] Dina Meoli, " Interactive Electronic Textiles: Technologies, Applications, Opportunities, and Market Potential ".

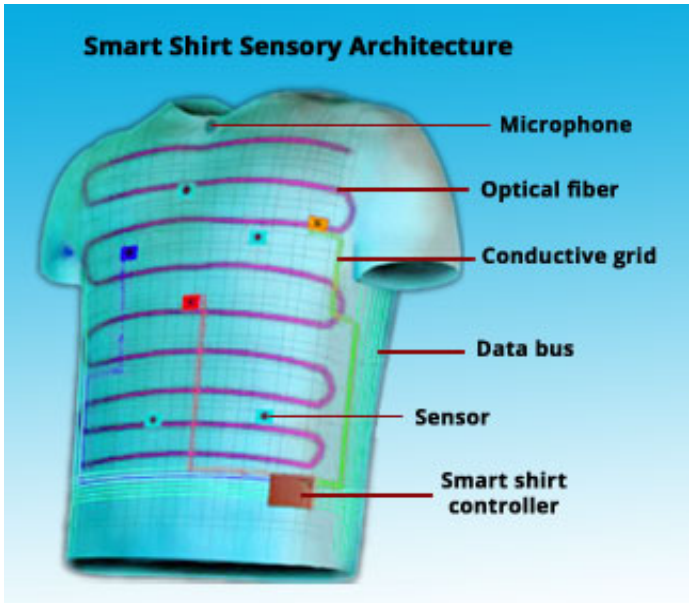


Figure 8. Architecture électronique et électrique du " Georgia Tech Wearable Motherboard (GTWM) "
(C. Gopalsamy, S. Park, R. Rajamanickam and S. Jayaraman, 1999)

Ce dispositif textile est capable d'assurer plusieurs fonctions à l'aide de certains capteurs branché ou intégré dans divers endroits directement sur la surface du corps. Les deux fonctions principales sont : la surveillance des signes vitaux et la détection des blessures. Ces fonctions sont assurées par des capteurs intégrés à travers différentes méthodes de fixation dans le substrat textile. Par exemple le microphone incorporé sur la surface du textile permet de capter le son. Les capteurs d'électrocardiographie - ECG sont placé directement sur le corps du porteur permettant de surveiller la fréquence cardiaque. Ces capteurs sont détachables car ils peuvent être enlevé sans détruire le tissu. La détection des blessures par balles est assurée à travers des capteurs de pénétration des balles réalisés en fibres optiques plastiques et intégrés par tissage dans la structure pendant la phase de production du tissu[461]. Ces capteurs aident le personnel médical à localiser l'emplacement exact de la blessure du soldat[462].

Ce projet peut être considéré comme pionnier puisque c'est le premier vêtement électronique entièrement tissé à travers une machine[463].

[461] Sungmee Park, Kenneth Mackenzie et Sundaresan Jayaraman, " The wearable motherboard: a framework for personalized mobile information processing (PMIP) ", *Proceedings of the Design Automation Conference* (IEEE Cat. No.02CH37324) (2002): 170-174, accessible sur le lien: https://doi.org/10.1109/DAC.2002.1012614.
[462] " Georgia Tech Wearable Mothervoard; Use of GTWM ", accessible sur le lien: https://sites.gatech.edu/smartshirt/use-of-gtwm, consulé le 20 Janvier 2021.
[463] Gopalsamy " The Wearable Motherboard™ ",152-168.

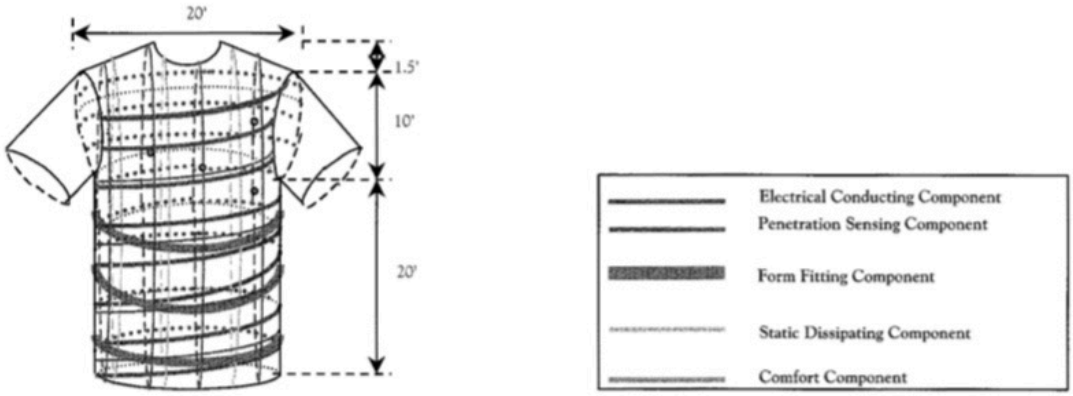


Figure 9. Composants intégrés dans la structure du " Georgia Tech Wearable Motherboard (GTWM) "
(C. Gopalsamy, S. Park, R. Rajamanickam and S. Jayaraman, 1999)

Selon les études de Hughes-Riley et al, la progression dans le contexte des textiles électroniques est divisée en trois générations[464] : les composants attachés à la surface du textile, ceux intégrés dans la structure et finalement les composants intégrés dans le fil/fibre.

Ces observations nous mènent à constater que ce vêtement est très innovant par rapport à son temps puisqu'il contient deux niveaux d'intégration : des composantes attachées à la surface et d'autres intégrés dans la structure du textile.

Selon Riley, la troisième catégorie correspond à un très haut niveau d'intégration. C'est-à-dire que le fil peut contenir toutes les composantes devenant ainsi entièrement électronique (nous allons trouver cette catégorie dans des exemples de vêtement complètement autonome figurant dans la troisième section de la thèse).

Modèle d'interaction : " scénario d'usage "

Le dispositif textile intelligent permet au soldat d'être constamment relié avec la base militaire à travers les données captées et envoyées. En cas de blessure, le vêtement est en mesure de détecter ce changement et d'envoyer les informations sur l'état de santé du soldat lui permettant de recevoir immédiatement une assistance médicale de secoure en urgence. Ces propriétés intelligentes permettent d'établir une relation entre le vêtement qui devient une sorte d'interface et l'environnement qui l'entoure.

[464] Hughes-Riley, Dias and Cork, " A Historical Review of the Development of Electronic Textiles ", *Fibers*, vol. 6 (2018).

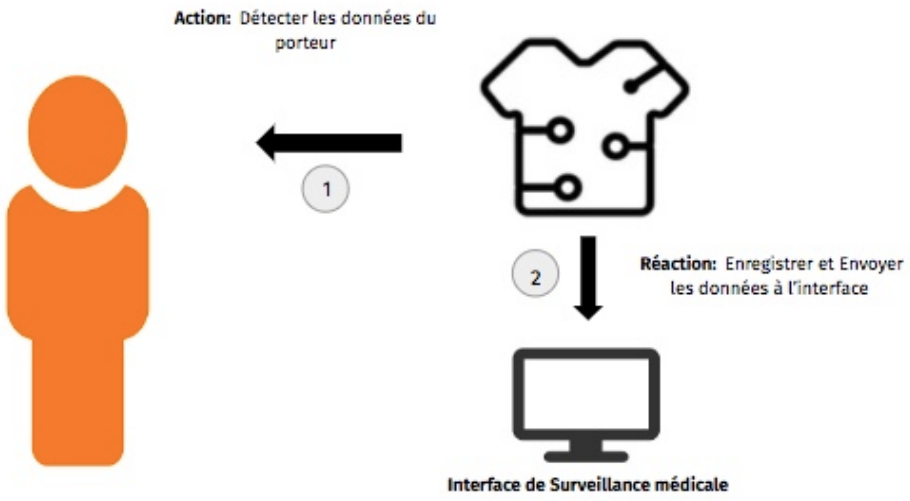


Schéma 4. Schéma d'interaction e-textile communicant simple (action- réaction)

C'est une première génération de textiles intelligents (moniteur) capable de capter et d'analyser seulement. Puis en fonction des données recueillis et envoyées à l'interface de surveillance contrôler par l'unité de triage militaire, la base prendra la décision d'envoyer les secours ou non. Il s'agit d'une interaction dans deux sens (action – réaction). A ce niveau il n'y a pas encore de retour au porteur par l'interface qui gère la surveillance sous forme d'information car on est encore au début de ces applications. (Nous allons aborder cette forme d'évolution à travers les vêtements intelligents connectés destinés pour le secteur de la santé dans la section 3 de la thèse).

Nous pouvons constater que c'est un projet pionnier qui instaure les premières traces d'une nouvelle relation qui s'établit entre le tissu qui joue le rôle de capteurs des données de son porteur et l'interface d'un ordinateur qui va analyser ces données. C'est une première forme de communication entre un textile intelligent et une interface externe. Cette forme de communication sans fil va ouvrir la voie plus tard à d'autres niveaux relationnels plus élevés et plus sophistiqué grâce à une évolution technologique supérieure. Cette innovation technologique était considérée comme une révolution qui va inspirer plusieurs autres applications allant de l'armée, à l'espace et vers la médecine. Au départ, comme on l'a pu constater le projet était destiné à une application de santé dans un milieu militaire. Plus tard, le projet a évolué vers d'autres spectres d'applications et de capacités beaucoup plus larges tels que (l'aérospatial, les pompiers puis application civile pour les hôpitaux) en intégrant

d'autres capteurs associés à ces domaines et qui permettent de rendre le vêtement personnalisé selon les exigences et les conditions de son utilisateurs cible. GTWM, sera en mesure de d'offrir des soins de santé grâce à une capacité de surveillance flexible, mobile/ portable, facile à utiliser et personnalisé : adapté à tout âge puisque le dispositif est léger[465]. Cette technologie aura alors un impact important sur le changement des modes de vies des humains dans le prochain siècle. Cependant, la chemise à puce intelligente est présentée comme étant "une ouverture pour le prochain millénaire qui va changer la vie" dans le numéro spécial du "Life magazine" intitulée "Medical entitled Medical Miracles for the Next Millennium" paru en 1998[466].

Beaucoup d'autres projets ont été développés dans le but d'améliorer le potentiel de l'informatique portable touchant à différents champs d'application : sécurité, protection, santé, bien-être. Ces réflexions ont été développées au départ pour le secteur militaire, aérospatial et les autres métiers à risque tels que les pompiers pour augmenter leur performance et les aider à résister aux milieux extrêmes mettant l'avantage de leur côté. Le rapport technologie et soft Power, à commenter à ce propos *:* « *Certaines technologies sont parvenues à être adoptées notamment dans les équipements de protection individuels, en particulier chez les militaires. Les pompiers peuvent aussi revêtir des capteurs en mesure de contrôler la température à l'intérieur et à l'extérieur de la combinaison et ainsi alerter son porteur en cas de conditions critiques. Mais évidemment, lorsque l'on aborde la question des vêtements intelligents, c'est bien l'aérospatiale qui est la reine de la discipline, les combinaisons des astronautes étant de véritables condensés d'ingéniosité et de micro-technologie* » [467] . Les recherches dans le domaine des « technologies spatiales », « technologies de sureté et de sécurité » ont été toujours précurseur de nouvelle nouvelles technique et de nouveaux matériaux. Un projet qui vise à concevoir un vêtement intelligent qui intègre des capteurs pour surveiller les signes vitaux, la position, ainsi qu'une unité de communication GPS a été développé par l'agence spatiale européenne (ESA) iGarment[468].

A la fin des années 1990, beaucoup de recherches ont été faites dans un cadre universitaire pour développer des projets de textiles électroniques à travers une suite de publication du

[465] Gopalsamy, « The Wearable Motherboard™ »,152-168.
[466] Park, « The wearable motherboard »,170-174.
[467] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 48.
[468] " Final Presentation of the I-GARMENT Project", *Agence Spatiale Européenne ESA*, le 1 Septembre 2008, https://www.esa.int/Enabling_Support/Preparing_for_the_Future/Space_for_Earth/Space_for_health/Final_presentation_of_the_I-GARMENT_project#.YXvK-dQz5z4.link.

(MIT) et Georgia Institue of Technology[469]. Une très grande importance a été donnée pour faire adopter cette technique par les utilisateurs.

Pendant les année 2000, un autre projet "WearIT@Work" [470] a été développé et fiancée par la commission européenne dans le but d'étudier l'informatique embarquée. Le projet consiste à développer un système avec des capteurs de mouvement qui aide son utilisateur à se déplacer (navigation piétonne) à l'aide d'un système GPS. L'utilisateur peut être un simple piéton ou encore un pompier en mission de recherche ou de sauvetage. Il s'est avéré que la technique est plus précise en utilisant des capteurs insérés dans les chaussures qu'on les montant directement sur le corps.

En parallèle, dans la même période, les premiers prototypes de vêtement intelligents incorporant de la technologie commence à apparaitre vers les années 2000 avec la combinaison "The Cyberia survival" réalisé par Reima[471]. Une combinaison qui surveille les conditions physiques, la position du porteur dans le but de prévenir en cas d'accident. Elle contient un système GPS et des capteurs assemblé aux électrodes brodées sur le tissu. Par conséquence, toutes ces recherches sont restées dans le cadre du prototypage. Une des premières applications commerciales pour le suivi des signes vitaux est apparu en 2000[472].

Nous pouvons conclure que dans ces projets basés sur un système de transmission de données (mesure, …) Il s'agit d'une communication sans fils entre le vêtement et d'autres éléments environnementaux (interface de commande : ordinateur, …). Cette communication peut s'établir même sans que le porteur se rend compte. Puisque les recherches militaires, aérospatiale : (l'équipement de protections individuels) sont toujours en avance par rapport aux application publique et commerciale. La communication des données sans fils a été développé historiquement la première à travers des recherches dans le contexte militaire par exemple pour assurer la communication entre le soldat et la base qui ne doit pas être loin du champ de bataille car au départ, les premières formes de connectiques qui conduis le flux des données n'étais pas très rapide, et avec une quantité de données limités. « *Issus de la*

[469] Ernest Rehmi Post and Margaret Orth, " Smart Fabric, or Washable Computing ", *Proceedings of the first IEEE International Symposium on Wearable Computers* (Cambridge, MA, USA, 13-14 October 1997).
[470] "WearIT@Work Project Omnidirectional Pedestrian Navigation for First Responders", *Xsens,* https://www.xsens.com/cases/wearitwork-project (accessed on 21 August 2017).
[471] Roshan Shishoo, *Textiles in Sport* (Sawston/Cambridge, UK: Woodhead Publishing Series in Textiles, 2005).
[472] Andreas Lymberis and Rita Paradiso, " Smart fabrics and interactive textile enabling wearable personal applications: R&D state of the art and future challenges ", *30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicineand Biology Society* (Vancouver, British Columbia, 20-24 Août 2008), https://doi.org/10.1109/IEMBS.2008.4650403.

recherche militaire, médicale ou de l'aérospatiale, ces nouveaux matériaux-machines émergent sous forme de produits finis à partir des années 90 »[473].

Plus tard ces applications pratiques ont inspiré les industries qui ont été toujours intéressé par l'innovation : la recherche de nouvelles techniques et de nouveaux matériaux technologique pour développer des systèmes interactifs à travers les e-textiles communicants : « *Développés à l'origine dans les années 1980 pour des applications militaires, les textiles électroniques ont été ensuite envisagés comme une riche opportunité pour le secteur commercial au milieu des années 1990* »[474].

Nous allons montrer dans la partie qui suit des exemples de projets développés pour usage public- civil commandés par l'utilisateur et qui sont basés sur le principe de transmission des données avec fils. Quel est le principe de la transmission des données internes avec fil à travers le vêtement intelligent qui comporte une interface de commande ?

b. Premiers e-textiles interactifs à usage public : interface de commande : communication avec un système interne

Les créateurs ont compris la grande place accordée aux ordinateurs – aux systèmes embarqués et se sont inspirés des progrès technologiques réalisés avec le numérique et l'ont adopté comme mode de pensée nouveau qui peut changer le monde de la création vers une instauration de la notion d'échange et d'interactivité. Dans ce sens de nouvelles possibilités et pratiques créatives voient le jour à travers une symbiose entre design et technique. Certaines créations sont des expériences pour trouver des moyens de communication entre le monde humain et le monde digital et sont rester dans le cadre du prototypage tel que le projet "Musical Jacket Project". D'autres approches ont tenté de trouver des pistes pour pouvoir commercialiser le projet dans le but d'améliorer l'interaction sociale tel que le projet "Veste Levi's Industrial Clothing Division (ICD)". Le point en commun entre ses différents projets étant l'exploration des relations inédites qui se produisent entre l'homme et ses vêtements. En conséquence, de nouvelles formes d'échanges et de communication s'établissent entre l'usager et le textile électronique.

---

[473] Caroline David, *FuturoTextiles 3: Surprising Textiles, Design and Art* (Stichting Kunstboek BVBA, Bilingual edition, 2012), 65.
[474] Jean-Baptiste Labrune, " Textile électronique : Retour sur dix années d'expérimentation. ", *Techniques & Culture* vol. 67(2017) : https://doi.org/134-149, https://doi.org/10.4000/tc.8479.

Nous allons analyser ces deux exemples de projets à la pointe des nouvelles technologies et qui vont nous aider à comprendre les fonctionnements inédits offerts par les textiles électroniques interactifs qui comportent une interface de commande simple - classique ainsi que les méthodes d'intégration des systèmes électroniques et de la connectique dans le substrat textile.

" Veste musicale" – " Musical Jacket Project", 1998 (interface de commande tactile)

Dans cet enchaînement, Maggie Orth et Rehmi Post, deux chercheurs du (MIT) Media Lab du Massachusetts Institute of Technology ont développé certaines solutions pour intégrer les dispositifs technologiques dans le substrat vestimentaire. Leurs recherches ont amené à la création des premiers textiles communicants en ajoutant des composantes électroniques par broderie sur des tissus ordinaire[475]. Nous allons cependant, analyser en premier le projet : "Veste musicale", "Musical Jacket project" est créée en 1998 par l'artiste technologue Maggie Orth considéré comme une pionnière "des textiles électroniques, des modes interactives, de l'informatique portable et de la conception d'interface" [476] afin d'explorer les défis techniques et sociaux de conception. D'après Maggie Orth : « *Le textile est l'exact opposé de la plupart des matériaux informatiques : il est doux, flexible et intime. Il encourage au toucher. En tant qu'antithèse des composants de la plupart des ordinateurs, le textile fournit un moyen de modifier radicalement le sens même de l'ordinateur* »[477]. Nous allons appuyer à travers l'analyse de cet exemple le point de vue de la conceptrice sur les possibilités offertes à travers l'intersection entre informatique et textiles traditionnels.

Le projet a été inspiré par le fonctionnement d'un instrument de musique pour la création d'une veste qui devient elle-même un instrument de musique autonome et portable[478]. Une sorte d'interface textile souple développée pour la composition et l'interprétation de la musique électronique. Il s'agit d'une veste levis qui intègre des composantes électroniques et des interconnexions qui les relient par ajout ou par broderie sur des tissus ordinaires en jeans qui donnent à leur porteur la possibilité de jouer partout et à n'importe quel moment à la musique. Le vêtement devient alors une interface de commande capable de créer de nouvelle

[475] Rehmi Post, Maggie Orth, Peter Russo and Neil A. Gershenfeld, " E-broidery: Design and fabrication of textile-based computing. ", IBM Syst. J. 39 (2000) : 840-860.
[476] Maggie Orth", Art, Technology, Design, accessible sur le lien: http://www.maggieorth.com/E_textiles.html.
[477] IDEFI CréaTIC (université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents*, 13.
[478] Maggie Orth, "Musical Jacket, 1998 ", accessible sur le lien : http://www.maggieorth.com/art_Jacket.html.

relation avec son porteur, dégageant de nouvelles pratiques et dimensions d'usage. Ce projet intègre une interface homme-machine sur le vêtement lui-même dans une recherche d'une nouvelle expérience interactive entre l'utilisateur et son vêtement.

Figure 10. Veste musicale, 1998 (Maggie Orth - 2009)
© 2009 Maggie Orth. Tous les droits sont réservés
Source : http://www.maggieorth.com/art_Jacket.html

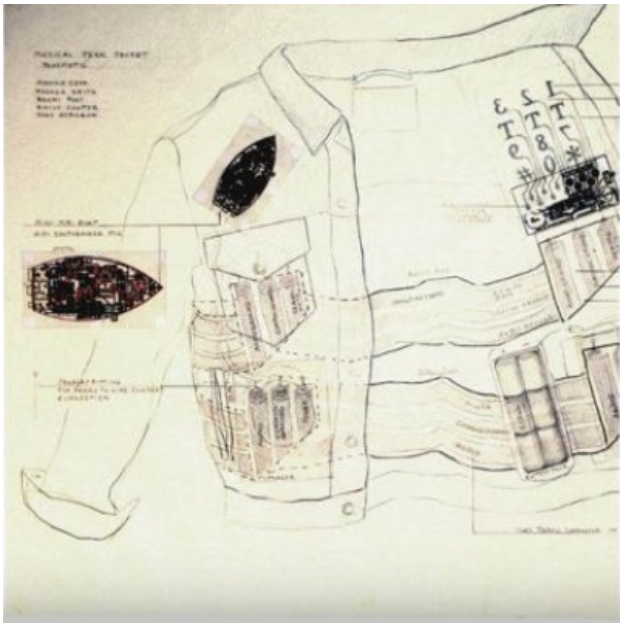


Figure 11. Croquis de la veste musicale avec les Composantes électroniques
(Maggie Orth - 2009)
© 2009 Maggie Orth. Tous les droits sont réservés

Nous constatons que la veste contient alors deux méthodes d'intégration des composantes sur le tissu. Les éléments électroniques attachés et d'autres brodés sur la surface. La partie électronique attaché à la surface du textile est composé de différents composantes électroniques apparent et caché (un synthétiseur MIDI portable et des batteries, mini hauts parleurs) et relié à travers des fils conducteurs d'alimentation et des bus de donné qui permettent de transférer les données à un clavier brodé[479]. Un clavier tactile qui est alors brodé sur la surface de la poche gauche de la veste. La broderie de fil conducteur (fil composite en acier inoxydable et en polyester légèrement conducteur)[480] de données sur la surface du tissu offre la connectivité entre les éléments. Ce clavier permet de jouer de la musique et dégage des sons dès qu'on appui sur les touches à travers tout un système de fonctionnement.

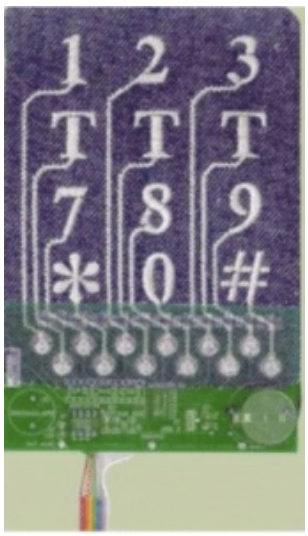


Figure 12. Clavier souple en tissu brodé avec un circuit imprimé
(Stoppa, M. ; Chiolerio, A., 2014)

Dans cet exemple le signal part du système d'entrée composé d'un capteur de touché qui est une action mécanique vers le synthétiseur MIDI qui génère les notes et envoie le son qui est la grandeur physique produite à travers les mini hauts parleurs qui sont le système de sortie – actionneurs de cet exemple. L'interconnexion entre les différentes composantes est assurée à travers des bus de données permettant leur transfert. Les fils conducteurs reliés à une batterie (un bloc de piles) sont capables de passer le courant dans tout le système électronique pour l'activer.

[479] Maggie Orth, " Firely Dress and Necklace, 1998 ".
[480] Dina Meoli, " Interactive Electronic Textiles : Technologies, Applications, Opportunities, and Market Potential ".

Dans cet exemple, il s'agit d'une communication avec un système interne qui rend le vêtement lui-même l'interface de commande qui assure une interaction entre le porteur et son e-textile communicant.

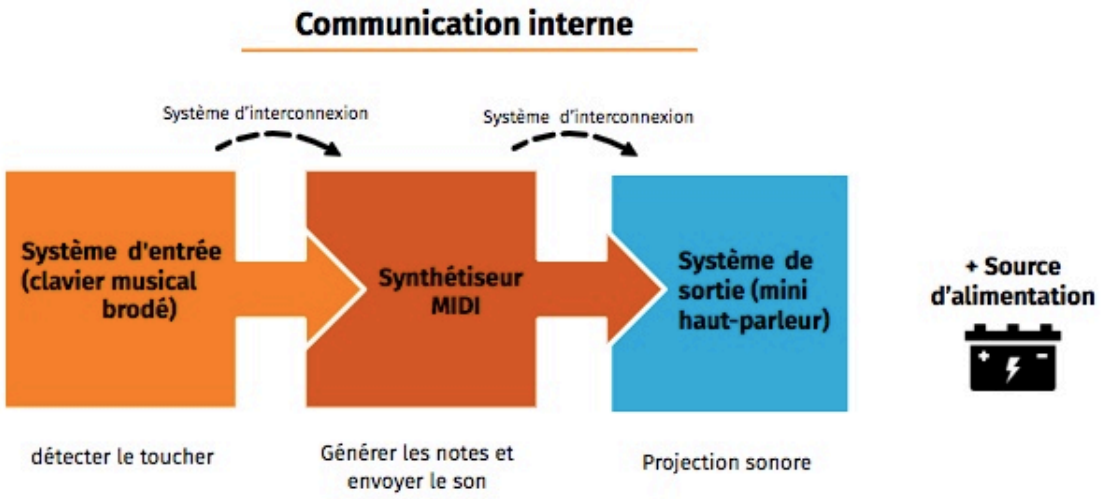


Schéma 5. Schéma d'interconnexion entre les composantes électroniques de "la veste musicale"

Le scénario d'usage de la veste est comme suit :

La veste est une sorte de textile active - autonome capable de :

- Détecter un signal électrique sous forme d'une action mécanique réalisée en appuyant sur la touche du clavier

- Réagir d'une manière adaptée en projetant du son à travers les mini haut-parleurs insérés dans les poches de la veste.

L'analyse du signal électrique est assurée par le synthétiseur MIDI[481] capable de le transformer le signal en note musicale.

[481] MIDI : " Musical Instrument Digital Interface " est un protocole de communication entre instrument musicale électronique, contrôleur, séquenceurs et logiciel de musique.

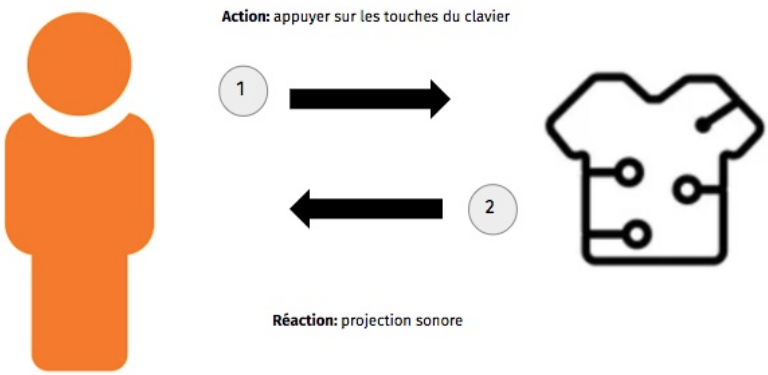


Schéma 6. Schéma d'interaction entre la veste musicale et l'utilisateur

Nous pouvons constater que ce projet instaure une nouvelle expérience interactive entre l'utilisateur et la veste qui devient un support musical portable : une sorte d'instrument musical porté sur soi. C'est une forme de communication entre l'humain et la machine à travers le textile comme support. L'idée consiste alors à développer de nouvelles modalités d'interactions musicales à travers une interface numérique ergonomique et sensorielle, qui offre de nouvelles possibilités d'un jeu gestuel : un support d'expression qui, par ses nouvelles dimensions, texture, souplesse favorise l'implication de l'utilisateur à une nouvelle dimension d'usage à travers des gestes sensibles.

Dans une autre perspective créative, passons maintenant à l'analyse d'un autre exemple de projet à vocation commerciale dans une initiative de démocratisation du vêtement intelligent.

Veste " Industrial Clothing Division (ICD)" 2000 (interface de commande avec bouton)

Nous pensons dans ce sens au projet révolutionnaire " Industrial Clothing Division (ICD)" d'une ligne de quatre vestes (Giletn Mooring, Beetle, Producer), conçu suite à une collaboration entre Levi Strauss & Co. et Philips Research Laboratories en 2000 par le créateur Massimo Osti[482]. Le projet est considéré comme étant le premier vêtement électronique portable commercial venue comme réponse aux défis des changements de la vie quotidienne dans les villes modernes en proposant une solution qui permet les jeunes de se

[482] Jee-hee Kim, " A Study on the Characteristics of Modern Fashion Design for Digital Nomadic Culture. ", Fashion & Textile Research Journal 9 (2007): 6-14.

réadapter à ces nouvelles exigences. La démarche du créateur consistait à intégrer la technologie dans la vie quotidienne en créant un vêtement qui met en valeur l'aspect fonctionnel plus que le style à travers une grande recherche sur l'intégration des composantes électroniques pour obtenir un tissu innovant. Cette œuvre technologique a par la suite influencé plusieurs autres marques (Acronym, Ma. Strum)[483] et même beaucoup plus tard en 2017 une version plus sophistiquée - la veste "Levi's Trucker Jacquard Google".

Figure 13. Industrial Clothing Division (ICD)
(Philips x Levi's, la vision de Massimo Osti, 2000)

La veste semble être un vêtement fonctionnel ordinaire à première vue, un vêtement de travail qui suit la mode de l'ère numérique[484], tandis qu'elle est équipée d'un écran : un système électronique portable de communication (réseau interne) qui comporte une série d'entrée auxquelles le porteur peut interconnecter tous ses gadgets électroniques (téléphone portables, lecteur MP3) et les manipuler sans devoir les sortir de la poche à chaque utilisation[485].

[483] Joseph Gleasure, " An expanded history of Levi's ICD+ &Philips' wearable electronics program ", *SHELLZINE*, le 20 Juillet, 2020, https://shellzine.net/levis-icd/.
[484] Alistair, " From the Archive: Industrial Clothing Division by Levi's and Massimo Osti ", Ali Goerges Hinkins, le 7 Octobre, 2019, https://www.aligeorgehinkins.com/home/from-the-archive-industrial-clothing-division-by-levi-s-x-massimo-osti-x-philips.
[485] Andrea Tuzio, " Philips x Levi's ICD+: the vision of Massimo Osti ", Collatera.al, le 2019, https://www.collater.al/en/philips-levis-icd-vision-massimo-osti-style-2/.

Dans cette exemple la transmission du signal entre les différentes appareils électroniques (téléphone portable, lecteur MP3, …) et le porteur est assurée à travers un câble son qui relie le microphone aux oreillettes – écouteurs, ou les haut-parleurs qui sont les périphériques de sorties, les actionneurs qui permettent d'écouter la musique ou de répondre au téléphone. Cette solution attribue au vêtement de nouvelles fonctionnalités d'assistance pour le porteur citadin en mouvement - déplacement en lui offrant la possibilité d'avoir les mains vide de toute forme d'attache. Ainsi ça facilite la manipulation et ça le libère de toutes les contraintes d'utilisations de différents dispositifs technologiques en même temps. Les écouteurs peuvent être utilisés toute la journée sans gênes puisqu'ils sont confortables. Ce projet permet à son porteur d'être équipé d'un système qui relie tous ces appareils électroniques dans le but de faire fonctionner le tout à la fois et de faciliter leur usage de manière simultané et donc d'accroitre la capacité de communication. Le vêtement électronique devient doté de nouvelles fonctionnalités et performances changeant la nature de la relation et du rapport entre l'homme et le vêtement et capable d'assurer une nouvelle forme d'interaction.

Figure 14. Système "Body Area Network"

Les dispositifs électroniques et le clavier de commande sont fixés dans les poches de la veste (les composants sont intégrés sur la surface mais cachés avec le tissu). C'est ce qui les rend imperceptibles à première vue. Ces composants peuvent être alors enlevés pour le lavage sans détruire le vêtement. Par contre les câbles et les connecteurs ne peuvent pas être retirés pour le lavage car ils sont fixés à l'intérieur du vêtement et on risque donc de les détruire en les enlevant.

Dans des recherches plus avancées, nous allons montrer d'autres moyens d'intégration dans une perspective de rendre la technologie sans fils et donc de plus en plus discrète voire invisible à l'œil. (Nous indiquons dans cette perspective le projet Jacquard : "Trucker Jacket" de la collaboration entre Google et Levis qui comporte un clavier invisible sur la manche).

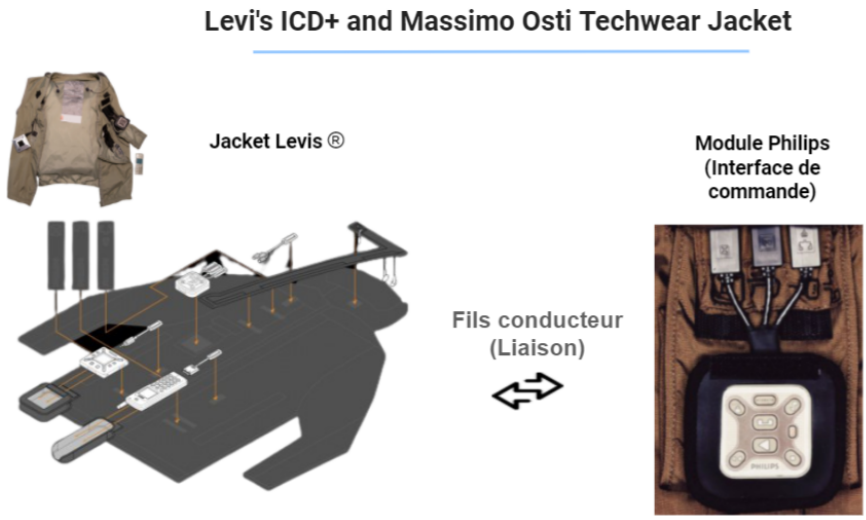


Schéma 7. Schéma de fonctionnement interactive de "Industrial Clothing Division (ICD) "

La veste de communication simple intègre les composantes électroniques suivantes : un système d'entrée, une interface de commande, un système de sortie, une source d'énergie et des systèmes d'interconnexions internes qui relient les différentes composantes et qui permettent d'assurer la transmission des données.

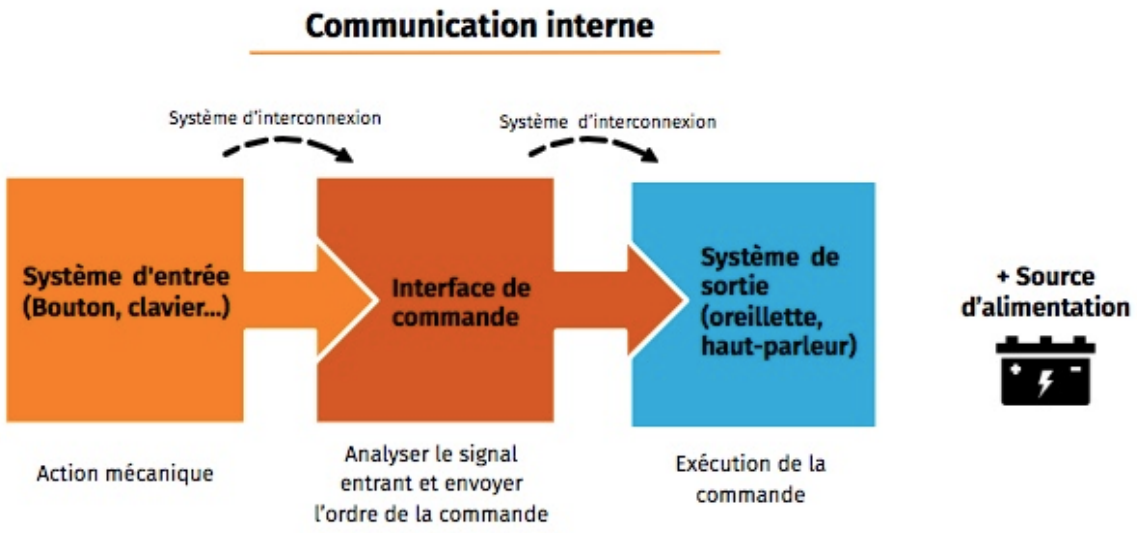


Schéma 8. Schéma de fonctionnement d'un système de communication interne simple

Le scénario d'usage est comme suit :

Dans le cas d'une interaction entre l'usager et le dispositif textile électroniques qui intègre l'interface de commande qui assure la communication.

L'usager va stimuler – commander (par exemple décrocher un appel) à travers une action mécanique (par exemple en appuyant sur un bouton). Le vêtement électronique intelligent qui contient l'interface de commande va analyser le signal reçu à travers un système d'analyse (programme simple) et envoyer l'ordre à la commande qui va réagir en exécutant la commande demandée à travers un actionneur (par exemple oreillette, haut-parleur dans ce cas). Dans ce cas le vêtement offre à son porteur de nouvelles fonctionnalités.

On peut constater que l'interaction entre l'usager et le vêtement électronique est simple (action humaine → réaction électronique) car il y a une seule interface numérique (interface de commande : écran) qui est intégrée dans le vêtement.

Action : activer la commande

Réaction : exécution de la commande

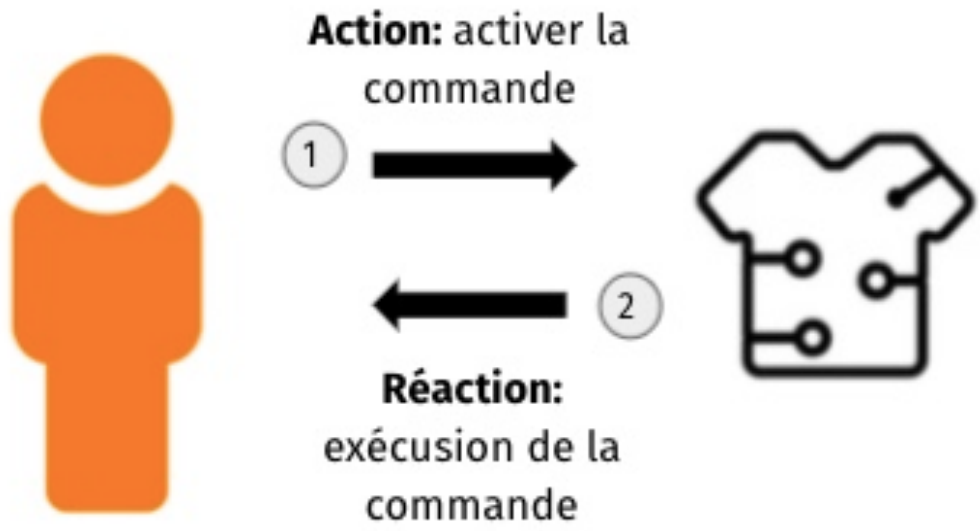


Schéma 9. Schéma d'interaction simple (homme - dispositif e-textile intelligent)

Cette idée était futuriste à cette époque-là mais est une démarche vers l'instauration d'une nouvelle idéologie. Ce projet précurseur a changé la vision du monde de l'habillement et de la mode vers l'instauration d'un design de mode moderne et digital. Nous constatons d'après notre analyse que cette première ligne de veste "ICD" est filaire. Le module « Body Area Network » permet de relier les appareils électroniques à travers des fils conducteurs. C'est ce qui rend le vêtement lourd et inconfortable et ce n'est pas assez pratique pour une utilisation quotidienne. Plus tard les méthodes vont évoluer vers une conductibilité sans fils qui assure une meilleure ergonomie et un confort dans l'usage. Les nouvelles technologies vont permettre plus tard de rendre les composantes de plus en plus miniature, voire discrète et de pouvoir assurer une liaison sans fils entre eux. Beaucoup plus tard, Levi Strauss va ré aborder la même problématique mais avec plus de maturité en collaboration avec Jacquard donnant lieu à un vêtement extrêmement pratique et confortable. (Nous allons voire cette évolution dans la troisième section à travers l'analyse du projet "Trucker Jacket" et l'étude comparative entre les deux versions de projet pour découvrir les aboutissements futurs possibles).

Nous pouvons conclure que ces projets en e-textiles révèlent une nouvelle manière d'expérimenter avec le matériau textile et découvrir les nouvelles possibilités qu'offrent les technologies dans le domaine de la création vestimentaire. Concevoir un vêtement ne dépend plus seulement du tissu, de sa mise en forme mais de tout un système embarqué. C'est-à-dire que dans certains cas le créateur conçoit le système électronique avant de concevoir le vêtement même et examiner les relations qu'il envisage avec l'environnement matériel et immatériel qui l'entoure. Il s'agit d'imaginer le vêtement intelligent à l'intersection de beaucoup d'éléments. Nous pouvons voir à travers ce projet l'impact de la technologie sur le changement de la vie des gens. Ce projet est une initiative qui permet d'adopter une nouvelle approche de style de vie futur pour répondre aux besoins des consommateurs toujours en quête perpétuelles de confort et de bien-être dans l'usage. Ces projets permettent d'une manière ou d'une autre d'améliorer le style de vie des consommateurs. Cette nouvelle approche a changé la vocation et l'usage traditionnel du vêtement qui est devenue une sorte d'interface communicante qui nous offre une utilisation nouvelle : à tout moment et en tout lieu. Les nouvelles fonctionnalités du e-textiles permettent d'assurer une interactivité avec son porteur qui devient capable d'intervenir dans le scénario d'usage qui lui offre à chaque fois – à chaque exemple une nouvelle expérience interactive qui ajoute de la valeur à l'expérience et à l'épanouissement émotionnel ou sensoriel de son porteur.

Ces exemples présentent un grand nombre de défis qui permettent de les rendre interactifs voire communicants. Nous allons par la suite les aborder afin de montrer en général le fonctionnement du système embarqué dans un e-textiles à travers une présentation des différentes parties qui le constituent. Nous allons expliquer le fonctionnement de chacune des parties qui peuvent être utilisés pour la création d'un vêtement électronique.

Quels sont en général les défis techniques et les possibilités offertes par des différentes composantes d'un e-textile intelligent ?

2-3- Les défis techniques des systèmes embarqués intégrés dans les e-textiles interactifs

Nous commençons tout d'abord par présenter les différentes composantes d'un e-textile communicant. D'après Sabine Seymour, les principaux composants techniques utilisés pour la création de vêtements électroniques sont [486] :

- Interfaces (connecteurs, fils, antennes, ...)
- Microprocesseurs
- Entrées (capteurs, ...)
- Sorties (actionneurs, ...)
- Logiciel
- Énergie (batteries, panneaux solaires, ...)
- Matériaux (textiles électroniques, matériaux améliorés, ...)

Nous allons nous baser sur l'interprétation/explication décrites par Sabine Seymour ainsi que les analyses des précédents projets pour expliquer en détail le fonctionnement des différentes composantes d'un textile électronique intelligent communicant à travers des schémas et des exemples précis.

Le schéma suivant illustre un descriptif général des composants électroniques et électriques nécessaires pour un e-textile :

[486] Seymour, *Fashionable Technology: The Intersection of Design, Fashion, Science, and Technology*, 15-16.

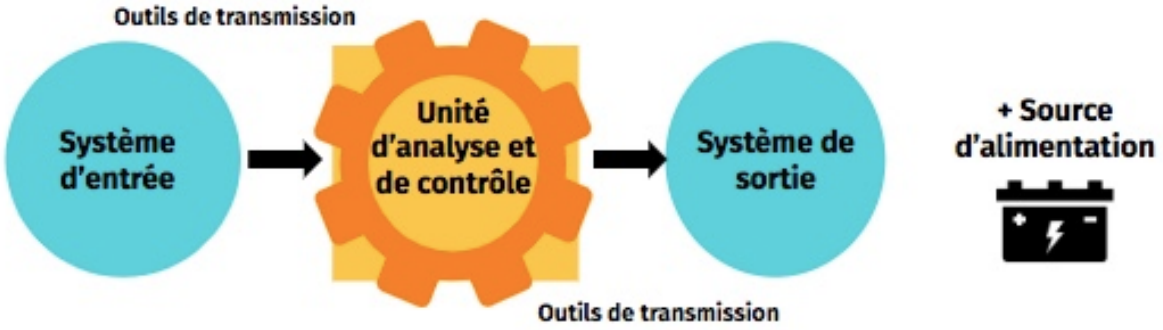


Schéma 10. Schéma de fonctionnement d'un système embarqué dans un e-textile

Selon nos analyses précédentes, le système textile électronique intelligent comprend six parties indispensables pour son fonctionnement à part le matériau textile. Nous allons expliquer en détails les fonctions des différents composants électroniques et électriques.

Le système d'entrée : Perception des données de l'environnement ou du porteur à travers (les capteurs, les antennes, les boutons, …). Il peut capter les stimuli d'un changement d'état ou un phénomène physique qui vont servir comme informations pour effectuer certaines actions.

Le système de sortie : permet d'effectuer certaines actions à travers les actionneurs ou les afficheurs graphiques. Ces actions sont stimulées par les systèmes d'entrée et déclenchées par les systèmes d'analyse et de contrôle.

Le système d'analyse et de contrôle : est la composante principale qui relie le capteur à l'actionneur. Elle est capable de transformer les stimuli en commandes pour l'actionneur selon le but prédéfini de l'application.

Le programme : est le cerveau qui commande toutes les fonctions programmables conçues. Il est conçu pour le traitement et analyse des données, la programmation des différentes composantes électroniques (capteur, actionneur, microprocesseur, …). Il permet aussi d'activer la tâche de transmission des données vers d'autres dispositifs externes pour permettre par exemple d'effectuer une analyse à distance.

Outils de transmission : L'infrastructure conductrice des connections entre les différentes parties du système et le flux des données. (Transmission interne et externe)

Source d'alimentation : Source d'énergie

Nous constatons que l'unité de contrôle et d'analyse (système et programme) est le centre de tout type de textiles électroniques intelligents. Des signaux (environnement, corps) sont détectés à travers un système d'entrée en fonction des besoins de mesure souhaité en premier lieu ; les informations détectées sont ensuite traitées à travers une unité d'analyse et de commande (système + programme) et des réactions sont enfin exécutées en suivant les commandes effectuées.

Comme l'indique le schéma ci-dessous figurant dans le livre « textile, innovation et matières actives » de Florence Bost et Guillermo Crosetto : « *Le microcontrôleur (b) gère des entrées (c, d) et des sorties (e) via un programme préalablement installé dans sa mémoire. Il fonctionne de manière autonome grâce à une batterie (a), d'où son nom de technologie embarquée. Le microcontrôleur est un ordinateur simplifié qui centralise les arrivées et les sorties de l'information. Il contient une puce interne qui exécute un programme préalablement établi et téléchargé dans sa mémoire. Lorsqu'il est alimenté avec une batterie, il fonctionne d'une manière autonome et devient de la technologie dite « embarquée », terminologie utilisée dans le sport ou le spectacle.* »[487].

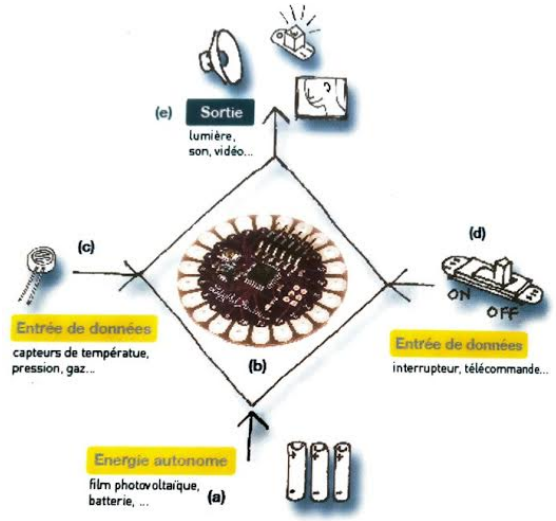


Figure 15. Schéma explicatif du fonctionnement d'une carte "Lilypad arduino" à base d'un microcontrôleur (Floence Bost et Guillermo Crosetto, 2014)

[487] Bost et Crosetto*, Textiles, Innovation et Matières Active*, 26.

Ainsi on a besoin de connaitre en détail / mieux le principe de fonctionnement des systèmes électroniques intégrés dans l'E-textile pour pouvoir comprendre la relation entre les composantes électroniques et le textile ou vêtement. Il s'agit dans cette partie de montrer le mode de fonctionnement des composants électroniques et des connectiques conductrices intégrés dans un textile ou vêtement. Comment fonctionnent les composants électroniques dans le e-textile ? Quel est l'architecture d'un système électronique intégré dans un e-textile ?

Nous allons expliquer en détail le rôle de ces composants ainsi que leurs modes d'emploi pour démontrer la transformation de la fonction vestimentaire à travers la technologie et l'apparition de modes relationnels nouveaux.

a. Système d'entrée

Le système d'entrée est composé généralement de capteurs qui peuvent être fixés ou intégrés dans le substrat textile dans le but d'offrir aux textiles électroniques différentes fonctions[488]. Un capteur est un composant électronique qui détecte ou mesure une propriété physique et qui enregistre les données reçues[489] . C'est par exemple un dispositif d'acquisition, de détection de signes sous forme de conditions d'environnement : grandeur physique tels que la température, l'humidité, la pression, le son et les stimuli du porteur : données physiologiques telles que la réaction biologique, l'humeur, etc. Ces signes sont transformés ensuite en grandeurs utilisables : le signal (une tension électrique, intensité, etc.) : *« Dans le cas de réception de signaux, de multiples capteurs existent et se développe actuellement (pression, température, acétomètre, humidité, gaz)* »[490].

Le choix d'un capteur s'effectue en fonction des besoins de mesure. On peut distinguer différents capteurs dans diverses applications. Ils varient selon le domaine, la fonction souhaitée, le type et le lieu d'utilisation, les facteurs qu'il va confronter et la position dans le vêtement. Pour permettre d'obtenir les informations souhaitées sur le porteur et son environnement, le textile intelligent requiert des capteurs appropriés. Voici des exemples de signaux obtenus par les capteurs selon leurs origines[491].

[488] Jonny Farringdon, Andrew J. Moore, Nancy Tilbury, James Church and Pieter D. Biemond, " Wearable sensor badge and sensor jacket for context awareness. ", Digest of Papers, *Third International Symposium on Wearable Computers* (1999): 107-113.
[489] Stoppa and Chiolerio, " Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review ", *Sensors 14,* 2014.
[490] Bost et Crosetto*, Textiles, Innovation et Matières Active*, 27.
[491] Seymour, *Fashionable Technology: The Intersection of Design, Fashion, Science, and Technology*, 17.

Tableau 3. Les origines des signaux captés par l'e-textile

Origine des signaux	Exemples
Porteur	Pression, mouvement, accélération, déplacement, orientation, proximité, données biométriques, son, visuel, odeur, humidité
Environnement	Lumière, humidité, son, température, fumé, microparticules visuelles

Dans le cas où le fonctionnement du système communicant est déclenché par une simple action mécanique : le capteur le plus simple électriquement est constitué de deux électrodes qui ferment un circuit électrique lorsqu'elles deviennent en contact. La conception physique des électrodes dicte l'interaction qu'elles captent. Cette opération peut être faite à travers un simple bouton-poussoir en métal ou en plastique, mais qui peut être flexible et directement intégré dans les textiles. (Citons l'exemple de "Philips x Levi's ICD+" : la vision de Massimo Osti). Dans une initiative de rendre les tissus de plus en plus flexibles, les dispositifs d'entrée sont devenus sous forme de clavier ou écran souple. (Citons l'exemple de la veste musicale). Plus tard, une évolution importante consiste à un système de reconnaissance de parole et qui sera largement utilisé dans différents supports textiles électroniques interactifs[492] (Citons l'exemple la veste "Levi's Trucker" – "Jacquard"– "Google").

b. Programme (Software) :

Le système d'analyse et de contrôle est une sorte d'unité de commande qui dirige le fonctionnement du processeur. Cette unité a pour but d'analyser les signaux du capteur, d'exécuter certaines fonctions programmées, d'ordonner à l'actionneur de réagir et le dispositif de communication de transmettre les messages nécessaires.

La programmation est un moyen de "demander à l'ordinateur d'effectuer diverses tâches". Dans un e-textile, les informations reçues par le détecteur sont analysées et traitées pour effectuer un résultat bien déterminé à travers une programmation spécifique de ces actions et commandes à travers un langage informatique : « *[…] L'électronique numérique passe par la*

[492] Dina Meoli, " Interactive Electronic Textiles: Technologies, Applications, Opportunities, and Market Potential ".

programmation. Dans ce dernier cas, outre la connaissance de l'électronique, il faut aussi connaitre le langage informatique »[493].

c. Système d'analyse et de contrôle : (hardware)

Les interfaces de commandes sont différentes selon la fonctionnalité mais leur rôle principal c'est d'analyser le signal et d'envoyer la commande. Les systèmes électroniques numériques sont basés essentiellement sur le concept d'un microprocesseur ou d'un microcontrôleur capable d'être programmé selon le type d'application. En effet, après une analyse des besoins, les ingénieurs traduisent ces besoins sous forme d'instructions programmables avec un langage machine.

Un microcontrôleur est un circuit intégré qui rassemble les principales composantes électroniques dans une seule puce (ROM : mémoire morte, RAM : mémoire vive, micro-processeur, interface entré – sortie analogique (voix, vibration…) ou numérique (affichage, …)).

Essentiellement, un microcontrôleur a pour rôle de recevoir des signaux à partir des capteurs et/ou enregistrer et/ou traiter et donner des ordres à des actionneurs. Nous constatons que le microcontrôleur peut ordonner une action en recevant un signal. Il recueille et/ou calcule les données obtenues par les sources d'entrée. Ce calcul est nécessaire pour effectuer les actions de sortie sur le vêtement lui-même ou à travers des dispositifs externes. Des exemples d'unités de contrôle qui peuvent être intégrées dans un système textile sont Arduino[494], etc. Le Projet "LilyPad Arduino" est conçu et développé par Leah Buechley (département informatique, Université de Colorado à Boulder, États-Unis) et commercialisé par Spark Fun Electronics[495]. Il s'agit du circuit intégré sous le nom de "LilyPad" (composé de tissu, tissu conducteur et de résine électronique) qui peut être cousu avec un fil conducteur sur un tissu traditionnel[496].

[493] Bost et Crosetto, *Textiles, Innovation et Matières Active*, 29.
[494] Tianyiyi He, Qiongfeng Shi, Hao Wang, Feng Wen, Tao Chen, Tao Chen, Jianyong Ouyang and Chengkuo Lee, "Beyond Energy Harvesting - Multi-Functional Triboelectric Nanosensors on a Textile.", Nano Energy 57, (2019): 338-358.
[495] Seymour, *Fashionable Technology*, 119.
[496] Leah Buechley, Michael Eisenberg, Jaime Catchen et Ali Crockett, " The LilyPad Arduino: using computational textiles to investigate engagement, aesthetics, and diversity in computer science education.", CHI (2008): 423-432, https://doi.org/10.1145/1357054.1357123.

Le choix des propriétés des micro contrôleurs s'effectue au niveau des besoins du designer par rapport à l'application souhaitée de point de vue taille (SMD[497], THT[498]), puissance électrique (consommation d'énergie) et performance (vitesse de calcul) : « *Quand les éléments utilisés sont de taille minuscule (composants CMS), on parle de microélectronique* »[499].

d. Système de sortie

Les systèmes de sorties peuvent être intégrés au textile dans le cas des actionneurs ou peuvent être externes à travers un autre élément d'affichage comme un écran (interface). Dans le cas d'un actionneur / actuateur, celui-ci répond aux signaux détectés par les systèmes d'entrée (capteurs, boutons, clavier…) en produisant des sorties bien spécifiques qu'on peut classer selon nos sens : (le toucher, l'ouïe, la vision, le goût, l'odorat)[500] .

Tableau 4. Exemples d'actionneurs pour répondre à des sens spécifiques.

Sens	Exemple d'actionneur
Touché	Résistance : dégagement de chaleur moteurs : mouvement, mémoire de forme
Sonore	Hauts parleurs, buzzeur
Odorat	Capsule d'odeur
Visuel	LED : changement de couleur, fibres thermo chromiques, encre photochromique, afficheur numérique, lampe : éclairage, …

Généralement, un actionneur est capable de transformer une énergie électrique en une énergie mécanique (buzzeur), thermique (chaleur), etc. Voici quelques exemples d'actionneurs qui peuvent être intégrés aux textiles : lampe pour l'éclairage ; LED pour le changement de

[497] SMD / CMS : Surface Mount Technology : Les composants montent en surface.
[498] THT : Through Hole Technology Mounting: processus de montage sur les composants PCB.
[499] Bost et Crosetto, *Textile, Innovation et Matières actives*, 27.
[500] Seymour, *Fashionable Technology*, 18.

couleur ; résistance pour le dégagement de chaleur ; moteurs pour le mouvement ; etc. « *Les périphériques couramment utilisés génèrent de la lumière (électroluminescence, led, fibre optique, Oled, cristaux liquides), du son (haut-parleurs, MP3, appareil communicant), des images (écran LCD, écran Oled, cristaux liquides), de la chaleur (fibres résistives, mémoire de forme)* »[501].

e. Les différents moyens de transmission / interconnexion

Il y a deux types de transmission et d'interconnexion dans un e-textile. Le premier consiste à conduire le courant électrique entre les différentes composantes et le deuxième consiste à transférer les données.

Conductibilité : Système de conduction et de transfert d'énergie : Il existe différentes manières de transformer un vêtement ordinaire en un vêtement modifié électriquement à travers différents moyens de transmission du courant électrique dans le vêtement : modes d'interconnexion entre les différentes composantes électroniques.

Les composantes électroniques se connectent directement entre eux à travers une structure conductrice. Dans les premières apparitions des e-textiles, le système de transfert d'énergie était caractérisé par un câblage filaire avec des câble connecteur ou une nappe électrique. (Citons comme exemple le projet Philips x Levi's ICD+ : la vision de Massimo Osti)

Les progrès technologiques de la conductivité vont conduire au développement d'une nouvelle génération de fils, tissus, encre et fibres électroniques intelligents et adaptatifs destinés à être appliqués dans les textiles électroniques[502]. Ces technologies vont permettre le développement de nouvelles catégories d'e-textile plus intelligentes, pratiques, légères et confortables. (Voir annexe : évolution des outils de transmission électrique)

Transmission des données : connectique : interne avec fils ou externe sans fils

Le textile électronique peut fonctionner à travers deux types de connexion : interne et / ou externe.

---

[501] Bost et Crosetto, *Textile, Innovation et Matières actives*, 27.
[502] Research and Markets, *Global Electronic Textiles (E-textiles) and Smart Clothing Market Report 2020: Accommodating the Revolution in Wearable Electronics*, Globe Newswire by notified, October 12, 2020, accessible sur le lien: https://www.globenewswire.com/news-release/2020/10/12/2106662/28124/en/Global-Electronic-Textiles-E-textiles-and-Smart -Clothing-Market-Report-2020-Accommodating-the-Revolution-in-Wearable-Electronics.html.

Dans le premier type : **Connexion interne (avec fils),** les signaux / données (informations) sont transmises entre les différentes composantes (exemple ; capteur → interface d'analyse et de commande → actionneur) à travers des méthodes physiques courantes par exemples des fils, des câbles de transmissions de données ou des circuits imprimés qui les relie[503]. C'est la plus simple et historiquement la première.

Ultérieurement, la transmission des données peut être aussi assuré par des fibres optiques[504] offrant plus de flexibilité pour le design des e-textiles permettant d'avoir des tissus plus souple et un transfert de données plus rapide.

Le deuxième type : **Connexion externe (sans fils)**, un système électronique peut communiquer avec d'autres appareils sans avoir besoin ni de câble, ni de fils. Ainsi, la communication sans fil permet d'envoyer des signaux / données à distance : de l'objet connecté (e-textile) jusqu'à l'interface graphique (ordinateur, appareil de surveillance à distance, moniteur, etc.). Cette transmission de données sans fil se fait à travers des antennes et par l'emploi de technologies de transmissions des données telles que (rayon infrarouge IR, ondes radio, GSM[505], GPRS[506],). Plus tard, avec l'évolution des systèmes de transmission sans fils de nouvelles possibilités sont ouvertes aujourd'hui pour le domaine du e-textiles avec l'apparition d'internet, l'introduction du mode Wifi et de la technologie Bluetooth. Cette évolution a permis d'élargir la distance de transmission, augmenter la quantité de donnée et sans coupure : « *Le choix de la technologie de transmission dépend d'arbitrages qui portent sur la bande passant (débit et donc quantité de données à transmettre), la distance d'émission (courte ou longue, sensibilité aux obstacles), le cout des composantes et l'usage de la bande fréquence (fréquence libre, recours obligatoire à un opérateur). Les données peuvent être transférées en temps réel, au fur et à mesure de leur production, ou par intermittence* »[507].

Bien que la communication avec fil soit plus sûre et garantie, elle est basée sur une connexion lourde et rigide qui n'est pas tellement pratique pour un dispositif portable et surtout pour un

[503] Dina Meoli, " Interactive Electronic Textiles : Technologies, Applications, Opportunities, and Market Potential ".
[504] IDEFI CréaTIC (université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents*, 10.
[505] GSM (Global System for Mobile communications)
[506] GPRS (General Packet Radio Service)
[507] IDEFI CréaTIC (université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents*, 16.

textile électronique connecté qui tend à devenir discret. Avec l'introduction de la communication sans fil, les systèmes sont devenus capable d'être plus léger, flexible et pratique à utiliser.

La communication sans fil permet de transmettre des données sans l'utilisation de fil physique. Le fait de distribuer des données sur des réseaux sans fil à partir d'un système attaché au corps, a constitué un tournant important dans le développement de produits portables [508] comme c'est le cas des e-textiles. Les réseaux sans fil mobiles et les capteurs représentent un segment de plus en plus important dans la recherche sur le réseau, et ce grâce à l'impulsion de la croissance explosive de l'informatique portable, des communications et des appareils embarqués comme l'e-textile[509]. Cette évolution offre de nouvelles possibilités plus pratiques, moins encombrantes permettant de disposer d'appareils textiles électroniques interactifs plus ergonomique puisque la connexion entre les différents dispositifs est simplifiée.

f. Source d'énergie

Pour activer et faire fonctionner un système électronique, nous avons besoin d'une source d'alimentation – d'énergie électrique : une batterie, des piles, un générateur, etc. Ces dernières années et grâce à l'apogée technologique, les batteries se sont améliorées et sont devenues plus petites, plus puissantes, rechargeable, flexible, résistantes à l'eau et à moindre coût[510].

Les piles et batteries à base de lithium sont les plus couramment utilisées pour alimenter des systèmes portatifs, car elles offrent la meilleure densité d'énergie (énergie/volume)[511]. L'énergie nécessaire pour alimenter les circuits textiles électroniques est normalement fournie par des batteries au lithium-polymère (LiPo). Les batteries sont sélectionnées, par conséquence, en fonction d'un compromis entre l'autonomie et la taille de la batterie. L'objectif est de choisir la plus petite. La Batterie LiPo est capable de fournir la puissance

[508] Seymour, *Fashionable Technology*, 19.
[509] Ning Zhang et Hong Bao, " Wireless Network Technology and its Applications. ", International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing 2 (2009): 635-638, https://doi.org/10.1109/NSWCTC.2009.255.
[510] Robert Hahn and Herbert Reichl, « Batteries and power supplies for wearable and ubiquitous computing. », Digest of Papers, Third International Symposium on Wearable Computers (1999): 168-169.
[511] IDEFI CréaTIC (université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents*, 13.

demandée par le circuit électronique textile pendant une durée prédéfinie. Dans quelques projets, le lavage reste un problème crucial pour ces types de connectique.

Aujourd'hui, plusieurs recherches sont faites pour dépasser la batterie d'une simple source d'alimentation vers de nouvelles méthodes de collecte d'énergie par exemple énergie solaire, énergie générer par le corps humains[512] ouvrant la voie vers des nouvelles alternatives pour rendre le tissu électronique de plus en plus autonome. Nous allons mieux expliquer cette perspective dans la troisième section de la thèse.

Grâce aux avancement technologiques, certaines recherches et expérimentation ont abouti à la réduction de la taille des composantes (capteurs, actionneurs, microprocesseur, batterie, …). Les premiers prototypes des vêtements intelligents étaient considérés comme volumineux, lourds, avec des composant apparent. Avec l'évolution de la miniaturisation de nouvelles possibilités ont été offert au domaine du textile vers une réduction de la taille des composantes électroniques voire même une discrétisation. Ces évolutions ont ouvert la voie au développement de certaines propriétés et méthodes de création nouvelles. La miniaturisation a fait évoluer et élargir le champ des possibilités de l'intégration des composantes électroniques dans le textile / vêtement. Suite à l'intégration des composantes électriques et électroniques aux e-textile celui-ci devient dotés de nouvelles fonctionnalités de communication et capable de transmettre des données entre le porteur et les autres interfaces. A cette époque le transfert de données peut être assuré à travers deux méthodes, le sans fils pour les recherches dans le domaine militaire par exemple puisqu'ils sont toujours précurseurs et avec fils pour les autres applications. Le choix de la technologie de transmission dépend de l'application souhaité. Ces applications permettent d'offrir à leur porteur de nouvelles expériences et de nouveaux usages.

Après avoir décrit les différentes composantes électroniques et leurs fonctionnements, nous allons maintenant analyser l'évolution des différentes méthodes de leur intégration dans le substrat textile. Comment les composantes peuvent être intégrées dans le textile et à travers quelles méthodes de fabrication ? quelles sont les techniques utilisées pour intégrer les composantes électroniques tout en conservant les caractéristiques du textile ?

[512] Hahn, " Batteries and power supplies for wearable and ubiquitous computing. ", 168-169.

2-4- Méthode de fabrication des e-textiles : évolution des méthodes d'intégration des composantes électroniques et de la connectique dans le textile

Les textiles électroniques portables peuvent être réalisés à travers différentes méthodes et fabriqués et avec plusieurs types de matériaux. Le choix du matériau et de la méthode de fabrication est toujours lié à l'application finale souhaitée[513]. De nombreuses méthodes de fabrication ont été utilisées au fil des années, montrant le mode d'intégration de l'électronique dans le textile a évolué dans le temps. Pour produire des textiles électroniques, nous pouvons utilisés les mêmes méthodes de fabrication traditionnelles utilisé pour produire des textiles conventionnels. La différence consiste dans le choix des composantes électroniques à intégrer dans le substrat textile. L'ajout de l'électronique dans le textile permet d'ajouter une fonctionnalité au textile[514]. Le degré d'intégration dépend en effet du contexte d'utilisation et du type d'interaction souhaité entre le e-textile, l'environnement et l'utilisateur[515]. Le degré d'intégration des composants électroniques dans le textile se fait en fonction du choix du système électroniques (les différentes composantes) par rapport aux fonctionnalités souhaité. Les propriétés et les caractéristiques esthétiques joue aussi un rôle majeur dans le choix désiré. Le degré d'intégration réside dans la mesure à laquelle un composant est intégré dans le textile. Au fur et à mesure que les textiles et les vêtements intelligents évoluent, il y a généralement une progression vers un degré plus élevé d'incorporation ou d'intégration des substances dans le textile [516] voire même de discrétisation. L'évolution des textiles et vêtements intelligent se mesure aussi à travers le niveau d'intégration des composantes, matériau ou substance qui remplit la fonction intelligente dans la recherche d'une évolution vers un haut degré d'intégration ou d'incorporation[517].

---

[513] Carlos Gonçalves, Alexandre Ferreira da Silva, João Gomes et Ricardo Simoes, " Wearable E-Textile Technologies: A Review on Sensors, Actuators and Control Elements. ", Inventions 3, n° 14 (2018), https://doi.org/10.3390/inventions3010014.

[514] UIT, *Livre blanc sur les textiles intelligents,* Union des Industries Textiles, 2017 , 13, accessible sur le lien : http://www.textilesud.fr/documents/0/livre_blanc_uit_2017_web.pdf?fbclid=IwAR2MdNh6q5hBkd1bCtaRZMDy1vbYYam3JrG3fwNwrvlA2U3ugh8kokhu6uE.

[515] Dan O'Sullivan et Tom Igoe, *Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers* (Boston: Thomson, 2004).

[516] Jennifer Xiaopei Wu and Li Li, " An Introduction to Wearable Technology and Smart Textiles and Apparel: Terminology, Statistics, Evolution, and Challenges. " dans: Xufeng Dong*, Smart and Functional Soft Materials* (IntechOpen, 2019). https://doi.org/10.5772/intechopen.86560, https://www.intechopen.com/chapters/68403.

[517] Wu " An Introduction to Wearable Technology and Smart Textiles and Apparel ", 6.

Les textiles électroniques varient selon le degré d'intégration des composantes électriques. Précisément, la méthode de fixation de l'électronique dans l'e-textile dépend de son niveau d'intégration. Nous allons nous référer aux réflexions de certains spécialistes du domaine avant de pouvoir donner notre opinion sur le sujet.

L'intégration de l'électronique dans le textile peut être divisée en deux principaux types[518] :

Le premier cas : E-textile avec des appareils électroniques classiques : composantes électroniques passives tels que (des conducteurs, des résistances, etc.) ; composantes électroniques actives tels que (des transistors, des diodes, des cellules solaires. etc.) attachées dans le vêtement. L'intégration est réalisée en attachant les différentes composantes électroniques à la surface du textile ou du vêtement. Les composantes peuvent être apparente ou caché à travers le textile.

Le deuxième cas : E-textiles avec de l'électroniques flexible intégrés directement dans les substrats textiles. L'intégration est réalisée en incorporant l'électronique au stade de la fabrication du vêtement à travers différentes méthodes (tricotage, couture, tissage, crochet, etc.). Dans ce cas le fil utilisé peut être amené à conduire l'électricité en le revêtant de métaux comme le cuivre ou l'argent. Il peut également être rendu conducteur en combinant des fibres de coton ou de nylon avec des fibres métalliques lorsqu'il est filé. L'électronique peut aussi être intégré au niveau du fil.

Selon les études de Hughes-Riley et al, la progression dans le contexte des textiles électroniques est divisée en trois générations : les composants attachés à la surface du textile, ceux intégrés dans la structure et finalement les composants intégrés dans le fil/fibre[519] . Les études de Begriche et Lachapelle soutiennent la même idée, et distingue trois générations de textiles intelligents. Dans la première les composantes électroniques sont ajoutées lors de l'assemblage. Dans la deuxième génération, les composantes sont intégrées lors de la production du textile. Dans la troisième génération les composantes électroniques sont intégrées au cœur de la fibre ou du fil pendant l'étape d'extrusion ou de filature[520].

[518] Skander Anwar, " Manufacturing of Elctronic Textile ", Fibre2Fashion, October, 2013, https://www.fibre2fashion.com/industry-article/7124/manufacturing-of-electronic-textile?fbclid=IwAR2KKo0P6G8xV4mkJiLkVTwU7I6hWP-Sw2UOf5gPLNsJde0HzpqKOoAYdvs
[519] Hughes-Riley, Dias and Cork, " A Historical Review of the Development of Electronic Textiles ", *Fibers*, vol. 6 (2018).
[520] A. Begriche, et D. Lachapelle, " Intelligent textiles for protection – Overview and Technologies ", *Proceedings of the Soldier Systems Technology Roadmap–Soldier survivability/sustainability/mobility Workshop* (Ottawa, ON, Canada, 2010).

Notamment, l'ensemble des recherches du groupe de travail WG31 qui sont toujours en cours, ont permis de distinguer 4 niveaux d'intégration de composants électroniques ajoutant une fonctionnalité au textile[521]. Ces travaux ont rajouté un procédé qui pourra être une vision future pour cette filière et qui consiste en une solution entièrement textile/

Nous allons nous référer à l'approche de Riley afin de mieux expliquer les différentes méthodes de fabrication des e-textiles se basant sur les degrés d'intégration de l'électronique dans le textile (et nous fournirons pour chaque cas une figure ou un exemple explicatif). Nous allons expliquer aussi le futur potentiel.

a. Catégorie 1 : les composants attachés à la surface du textile

La fixation de l'électronique sur un vêtement a été présentée pour la première fois en 1883[522]. Cette méthode d'intégration a été utilisée dans les premières apparitions des e-textiles. Généralement, les composantes sont ajoutées lors de l'assemblage du produit. Le premier niveau consiste à attacher les composantes électroniques et l'alimentation à travers différentes méthodes notant : la soudure, le collage, l'agrafage et l'assemblage[523] à la surface du textile. Ces méthodes de fabrication présentent certains avantages et inconvénients. Dans le cas de la soudure, les alliages conducteurs utilisé dans cette technique pour joindre les composantes tel que (plomb, argent …) assurent un bon contact électrique mais peuvent être toxique – nuisible en cas d'un contact direct avec la peau d'une part et d'autre part ils limitent la souplesse du tissu destiné à l'habillement qui donc entrave les mouvements de son porteur[524]. Dans le cas du collage, les adhésifs conducteurs utilisés pour coller les composantes ne sont pas toxiques, sont moyennement flexibles, de plus ils sont très conducteurs[525].

Une autre technique qui permet de créer des circuits textiles électronique consiste à agrafer à la surface ou dans les poches d'un textile par ajout de module fonctionnel par broderie, perforage d'élément rigide ou souple à l'aide d'une aiguille ou d'une machine à coudre ou

[521] UIT, *Livre blanc sur les textiles intelligents,* Union des Industries Textiles, 2017, 13.
[522] Hughes-Riley, and al., " A Historical Review of the Development of Electronic Textiles", *Fibers*, vol. 6 (2018): 34.
[523] Rehmi Post, Maggie Orth, Peter Russo, and Neil A. Gershenfeld, " E-broidery: Design and fabrication of textile-based computing ", IBM Syst. J. 39 (2000): 840-860.
[524] Rehmi Post, Maggie Orth, Peter Russo, and Neil A. Gershenfeld, " E-broidery: Design and fabrication of textile-based computing ", IBM Syst. J. 39 (2000):845.
[525] Ibid., 850.

par impression de circuit avec de l'encre électrique conductrice sur la surface des tissus[526]. Nous allons mieux expliquer à travers les exemples déjà analysés.

Dans cette catégorie, les composantes électroniques peuvent d'une part, être enlevés sans endommager le tissu. Cette caractéristique a été décrite dans les études de GW3 étant le premier type d'intégration. Quand les composantes sont attachées sur la surface, il y a possibilité de les enlever sans détruire le matériau textile comme l'indique : « *[I]**ntégration de niveau 1** : Le composant électronique intégré peut être enlevé du textile intelligent sans détruire le vêtement. Exemple : veste avec des passants conçus pour contenir des câbles d'écouteurs pour une utilisation de loisir. Si les composants peuvent être traités comme des unités séparées, il n'y a alors pas de besoin de standards dédiés pour ces produits* »[527]. Citons dans cette catégorie l'exemple de "Philips x Levi's ICD+" : la vision de Massimo Osti, qui contient de l'électronique rigide et volumineux monté sur la surface du tissu et caché dans des poches pour une meilleure discrétisation[528].

D'autre part, les composantes peuvent être attachés de manière que le textile peut être endommagé en les retirons comme l'indique « *[I]**ntégration de niveau 2** : Le composant électronique est alors attaché au textile de sorte qu'il est impossible de l'enlever sans détruire le produit. Exemple : sweater avec les écouteurs intégrés dans la capuche et remplaçant le cordon. Dans ce cas, les composants ne peuvent plus être considérés séparément. Il est donc nécessaire de traiter le système comme un tout* »[529]. Citons dans ce sens l'exemple "veste musicale", les composantes souples sont brodées donc ne peuvent pas être enlevées sans détruire le matériau textile.

Ces exemples représentent le plus simple degré d'intégration. Le textile et l'électronique sont séparés. Le textile n'a aucune fonction électronique sans l'incorporation de systèmes électroniques. Dans ce cas, le textile est un support pour l'électronique. Ce textile a une fonction électronique variable (entre 10% et 100%)[530], selon la quantité de l'électronique par rapport au tissu. Ultérieurement, ce niveau va offrir de nouvelles possibilités pour des

[526] Hughes-Riley, and al., " A Historical Review of the Development of Electronic Textiles. ", *Fibers*, vol. 6 (2018): 34.
[527] UIT, *Livre blanc sur les textiles intelligents,* Union des Industries Textiles (2017), 13.
[528] Jee-hee Kim, " A Study on the Characteristics of Modern Fashion Design for Digital Nomadic Culture. ", Fashion & Textile Research Journal 9 (2007): 6-14.
[529] UIT, *Livre blanc sur les textiles intelligents,* Union des Industries Textiles, 2017, 13.
[530] Inga Gehrke, Vadim Tenner, Volker Lutz, David Schmelzeisen and Thomas Gries, *Smart Textiles Production, Overview of Materials, Sensor and Production Technologies for Industrial Smart Textiles* (Aachen, Germany: MDPI, 2019), 33.

applications plus avancés avec le souhait de combiner toutes les composantes électroniques dans un seul module léger permettant une meilleure discrétisation grâce à la miniaturisation des composantes et leur intégration dans un seul module.

Puisque c'est le procédé de fabrication le plus simple, il y aura beaucoup d'exemple sur le marché qui utilise cette technique. Nous pouvons citer l'exemple de l'émetteur "NuMetrex" illustré dans la figure 60 et qui est un moniteur de fréquence cardiaque analogique compatible avec un soutien-gorge de sport adaptable permettant une détection cardiaque[531]. Cet exemple montre le cas des composantes électroniques rigides et amovibles qu'on peut choisir de placer ou non dans le textile selon le besoin. Ce genre de dispositif réunissant toutes les composantes dans une seule pièce est considéré comme étant très développés puisqu'il présente des propriétés de communication et de transmission très avancés grâce à l'évolution de la des Technologies de l'information et de la communication que nous allons aborder dans la troisième section de la thèse.

b. Catégorie 2 : les composants intégrés dans la structure textile (textronique / textronics)

Dans ce type d'intégration la fonctionnalité électronique est obtenue par l'intégration d'éléments conducteurs dans la structure du textile grâce à des techniques de tissage, de tricot et de tressage. L'électronique est totalement intégrée dans le textile de manière discrète avec l'utilisation de fils conducteurs incorporés avec le fil classique non conducteur pendant le stade de fabrication du tissu[532]. Les éléments conducteurs sont généralement constitués de : fil métallique et à revêtement métallique, fil de polymère et à revêtement polymère, fibres de nanotubes de carbone[533].

Le tissage produit des e-textiles qui doivent être tissés directement avec du fil conducteur. De ce fait, cette méthode s'avère plus flexible dans la mesure où elle offre plus de possibilités d'intégrer les éléments actifs lors de la fabrication. Comme le tissage est adapté à

[531] Mike Hanlon, " Sports bra monitors heart rate with built-in heart monitor ", New Atlas, le 23 Décembre, 2005, https://newatlas.com/sports-bra-monitors-heart-rate-with-built-in-heart-monitor/4952/.
[532] Tilak Dias, *Electronic Textiles: Smart Fabrics and Wearable Technology* (Sawston, UK: Woodhead Publishing, 2015), https://doi.org/10.1016/C2014-0-03020-1.
[533] Hughes-Riley, " A Historical Review of the Development of Electronic Textiles ", *Fibers*, vol. 6 (2018): 2.
[533] UIT, *Livre blanc sur les textiles intelligents,* Union des Industries Textiles, 2017, 13.

l'incorporation de composants électroniques dans le textile pendant le processus de tissage, il permet également l'encapsulation des composants entre différentes couches[534]. Nous pouvons citer l'exemple "Georgia Tech Wearable Motherboard (GTWM)" où l'électronique a été tissée en une seule pièce – un maillot de corps – à travers une machine à tisser. Ce projet a été considéré comme pionnier puisque c'est la première fois qu'on réalise un vêtement électronique en le tissant entièrement sur une machine à tisser[535]. Cette procédure de fabrication permet d'obtenir un vêtement souple, confortable, pratique surtout qu'il est conçu pour être porté par des soldats en mission de guerre.

De ce fait, grâce à la possibilité d´intégrer de l´électronique flexible et souple dans le e-textile, le vêtement peut garder les propriétés et l´aspect d´un vêtement ordinaire. Le problème de cette catégorie peut résider dans l'après usage de ces produits : lavage, repassage, séchage.

c. Catégorie 3 : les composants intégrés dans le fil (Fibretroniques/ fibertronics)

Dans cette catégorie, toutes les fonctionnalités électroniques sont incorporées voire implantées dans le fil avant la production de tissus ou de vêtements[536]. Les fibres mélangées sont alors utilisées pour créer des textiles et des vêtements de plus en plus confortables. Les fils électroniques gardent les mêmes propriétés esthétiques qu'un fil ordinaire, ce qui les rend discrets dans un vêtement. Puisque ce type d'intégration s'avère être un domaine relativement nouveau, nous allons maintenant expliquer quelques possibilités techniques de transformer un fil classique en fil électrique en mélangeant fibres textiles et fibres métalliques ou des polymères ou à travers le revêtement

Cas d'Interconnexion à travers le revêtement des fibres conductrices / tissus conducteurs

Il existe trois méthodes de production de fils conducteurs :

[534] Granch Berhe Tseghai, Benny Malengier, Kinde Anlay Fante, et al., " Integration of Conductive Materials with Textile Structures, an Overview. ", *Sensors*,vol. 20 (Basel, Switzerland, 2020): 6910, https://doi.org/10.3390/s20236910.
[535] C. Gopalsamy, Sungmee Park, Rangaswamy Rajamanickam et Sundaresan Jayaraman, " The Wearable Motherboard™: The first generation of adaptive and responsive textile structures (ARTS) for medical applications. ", *Virtual Reality*, vol. 4 (Springer-Verlag London Ltd : 2005): 152-168, https://doi.org/10.1007/BF01418152.
[536] Tilak Dias and Amila Sandaruwan Ratnayake, *Integration of micro-electronics with yarns for smart textiles* (Woodhead Publishing, 2015), 109-116.

La première consiste à ajouter du carbone ou des métaux tels que l'argent, l'acier, le nickel, sous différentes formes : des fils, des fibres ou des micro ou nanoparticules (par exemple, filés à âme, mélanges).

La deuxième se base sur l'utilisation de polymères intrinsèquement conducteurs.

La troisième est possible grâce au revêtement avec des substances conductrices[537]. Ces méthodes permettent au fil d'être conducteur grâce aux propriétés de leurs matériaux. Le fil peut être construit avec une fonctionnalité électronique, par exemple à travers la superposition de matériaux.

Citons l'exemple d'une structure de fil électronique comprenant une fibre conductrice de support, une couche d'isolation diélectrique, une couche phosphorescente/émettrice et une couche supérieure translucide de l'électrode[538].

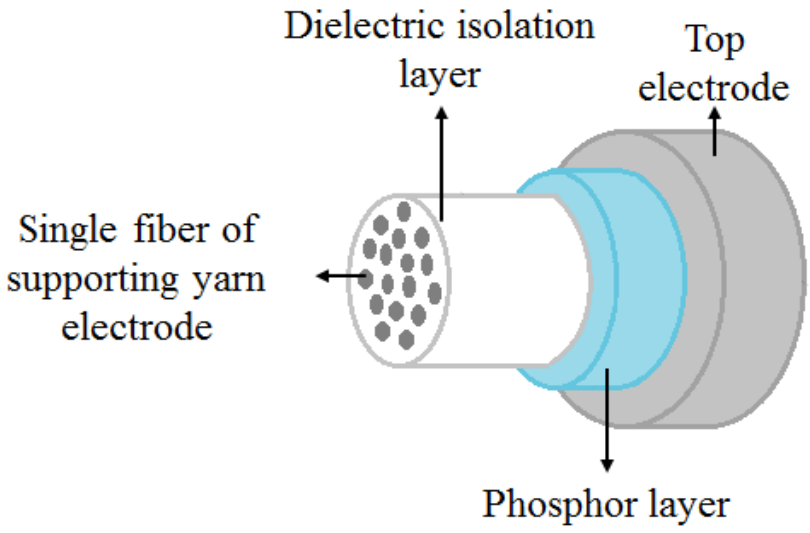


Figure 16. Fil électronique à la base de superposition de matériaux
(Bellingham, A.; Bromhead, N.; Fontecchio, A., 2017)

[537] Huseyin Kadoglu, " Conductive Yarns And Their Use In Technical Textiles ", Technical Textile, https://www.technicaltextile.net/articles/conductive-yarns-and-their-use-in-technical-textiles-3739, consulté le 20 Février 2021.
[538] Alyssa Bellingham, Nicholas Bromhead and Adam K. Fontecchio, " Rapid Prototyping of Slot Die Devices for Roll-to-Roll Production of EL Fibers ", *Materials*, vol. 10 (2017): 594, https://doi.org/10.3390/ma10060594.

Cas d'Interconnexion à travers l'intégration des composants électroniques dans la fibre

Une autre possibilité consiste à intégrer une composante électronique à l'intérieur du fil, lui permettant de devenir totalement électronique. Les fils électroniques (E-yarns) contiennent de l'électronique entièrement incorporée dans la structure du fil avant la production du textile ou du vêtement[539]. Citons l´exemple de fil intégrant des systèmes semi-conducteurs tel qu'une puce semi-conductrice encapsulée soudée avec un fil porteur[540] et l'exemple d'une LED incorporée dans la structure du fils[541].

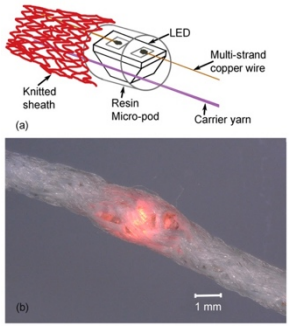


Figure 17. Structure d'un fil électronique avec une LED protégée par une micro-pochette et entourée d'une gaine tricotée

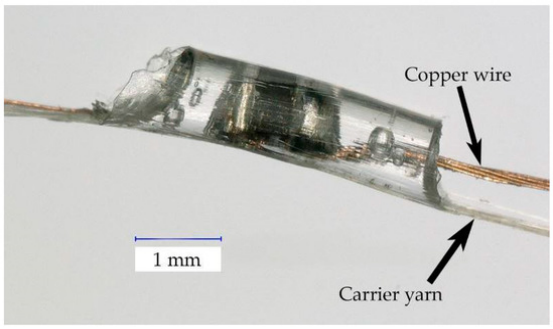


Figure 18. L'encapsulation d'un semi-conducteur soudé sur un fil de cuivre et intégré sur un fil support
(D. Hardy et al., 2018)

Des chercheurs du MIT ont intégré des dispositifs optoélectroniques à semi-conducteur à haut débit dans les fibres, notamment des diodes électroluminescentes (LED) et des photodétecteurs à diode[542].

Différentes recherches ont été menés pour trouver de nouvelles méthodes pour concevoir des solutions technologiques entièrement textiles à travers une discrétisation et intégration totale de l'électronique. D'après les recherches menées par GW4, développer une solution entièrement textile s'inscrit dans l'Intégration de niveau 4 et désigne que « *[t]ous les composants de l'appareillage électronique sont de type textile ou de type finition textile (solution entièrement textile). Les possibles limites des composants électroniques à base*

[539] Mohamad-Nour Nashed, Hardy, Dorothy Anne, Hughes-Riley, Theodore, Dias, Tilak, "A Novel Method for Embedding Semiconductor Dies within Textile Yarn to Create Electronic Textiles ", *Fibers,* vol. 7, no. 12 (2019):12.
[540] Dorothy Anne Hardy and al., " An automated process for inclusion of package dies and circuitry within a textile yarn. ", Symposium on Design, Test, Integration & Packaging of MEMS and MOEMS (DTIP) (2018): 1-5, https://doi.org/10.1109/DTIP.2018.8394189.
[541] Nashed and al.,''A Novel Method for Embedding Semiconductor Dies within Textile Yarn to Create Electronic Textiles'', 12.
[542] Gabriel Loke, et al., " Computing Fabrics, Matter of Opinion ", Matter 2 (2020): 786-788, https://www.cell.com/matter/pdf/S2590-2385(20)30120-X.pdf.

textile doivent donc être prises en compte. Dans la plupart des cas, il sera nécessaire de développer des standards dédiés à ces types de systèmes ou composants »[543].

Malgré que certains progrès et recherches ont été réalisé dans cette direction[544], mais cette vision futuriste s'avère être encore irréalisables sur le plan réel. Guillaume Tartare, chercheur du laboratoire de recherche GEMTEX à l'école d'ingénieurs textile de Roubaix (ENSAIT), projette : *« Dans une dizaine d'année, nous aurons des purs textiles électroniques par nature et non plus par ajout…Les futures ambitions du domaine des textiles électroniques sont qu'il n'y aurait plus de composants électroniques et que le textile lui-même devient totalement électronique* »[545]. En outre, l'objectif des chercheurs en e-textiles est de développer des technologies entièrement basées sur les tissus. Bien que certains travaux aient été effectués dans cette optiques[546], cette perspective s'avère être encore une vision irréalisable pour le moment. Cette intégration complète de l'électronique dans le textile reste encore à vérifier pour des raisons écologiques car ce procédé rend les composantes électroniques plus difficiles à retirer en fin de vie du produit[547]. Nous allons étudier les limites et les enjeux des générations du futur dans la troisième section de la thèse.

Pour conclure, les recherches scientifiques ont démontré que l'électronique peut être intégrée dans le textile de différentes manières lors de la conception. Chaque méthode d'intégration de l'électronique dans le textile présente des avantages et des inconvénients. La première génération consiste à attacher les composantes électroniques à la surface, la deuxième génération consiste à ajouter les fils électroniques au stade de la fabrication du tissu, La troisième catégorie consiste à intégrer des micros-composants électroniques à travers le revêtement ou par incorporation dans le fil. Le challenge de cette évolution consiste à concevoir des textiles et vêtements entièrement électronique tout en gardant / conservant les propriétés intrinsèques du textile traditionnel. Malgré que les méthodes d'intégrations aient évolué avec le temps vers un plus haut degré d'invisibilité de l'électronique dans le textile, éventuellement les autres méthodes vont continuer à être utilisés dans l'avenir. Notons alors

[543] UIT, *Livre blanc sur les textiles intelligents,* Union des Industries Textiles, 2017, 13.
[544] J.B. Lee and Vivek Subramanian, " Weave patterned organic transistors on fiber for E-textiles ", *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol.52 (2005): 269-275.
[545] " L'intelligence meilleur atout de la filière textile ", *Le Focus Techniques de l'ingénieur*, Février 2018, http://pmb-soie.univ-lyon1.fr/doc_num.php?explnum_id=605&fbclid=IwAR1J2b6bDrV9fjRTN83ExboyVddd5JPDfj9MR6D-JORWw3TEIcGe9XYj22g
[546] Lee and Subramanian, " Weave patterned organic transistors on fiber for E-textiles ", 269-275.
[547] Andreas R. Köhler, Lorenz M. Hilty and Conny Bakker, " Prospective Impacts of Electronic Textiles on Recycling and Disposal ", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 15, no. 4 (2011): 496-511, https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00358.x.

que le choix des composantes électroniques, des techniques de fabrication appropriées dépend de la nature d'usage et des capacités recherchées dans l'application finale du textile électronique interactif.

Le vêtement devient aujourd'hui un support pour la technologie portable. Le défi ne réside pas seulement dans l'attribution des fonctionnalités mais également dans la mise en forme. Puisque le vêtement est destiné à être porté donc il doit remplir à de nombreuses exigences. Le vêtement électronique doit conserver toutes les propriétés essentielles d'un vêtement ordinaire afin de pouvoir assurer sa première mission d'être porté.

Des grandes recherches sur la miniaturisation et le haut degré d'incorporation des pièces dans le tissu sont menés afin de donner plus de possibilités au designer et artistes textile et vestimentaire pour la création et la réalisation des pièces de plus en plus pratique et confortable. Les composantes électroniques doivent être souples, sécurisées et de préférence invisibles pour ne pas causer de contraintes formelle, technique et ergonomique. La légèreté est aussi un facteur très important et dépend du choix de la taille des composantes électronique intégré dans le textile. Le challenge consiste alors à concevoir des textiles et vêtements électroniques performants – fonctionnels tout en gardant / conservant les propriétés essentielles du textile telles que la facilité d'utilisation, l'élégance, la légèreté, la souplesse, la douceur, le confort, la capacité à draper, la résistance à l'usure et au lavage.

Après l'analyse élaborée sur les différentes composantes électroniques et leur méthodes et niveau d'intégration dans le substrat textile, nous constatons un grand développement de la recherche pour obtenir une meilleure discrétisation de la technologie dans le but de concevoir un textile intelligent qui soit en symbiose avec le corps de son porteur. Il devient une sorte de seconde peau capable d'exécuter plusieurs fonctions à la fois.

Cette analyse consistait à clarifier la "complexité" de la question de la technicité du monde des textiles et vêtements électroniques. On dit : "complexité", car du point de vue d'un concepteur (artiste, designer textile, créateur de mode, …) l'aspect technique et technologique de ces différentes applications doit être clarifier pour pouvoir imaginer le projet e-textile intelligent à concevoir. Le processus de réalisation exige toutefois une collaboration avec des scientifiques : ingénieurs spécialistes en électroniques et informatique afin de garantir une meilleure efficacité du produit. (Nous allons approcher la question de la

collaboration entre les disciplines dans la section 3). L'objectif de cette partie est de rendre le processus de conception et de réalisation des e-textiles accessible aux personnes non spécialités de la technique et de la technologie.

Cette partie est essentielle pour faire évoluer la perception des designers, créateurs textiles, non connaisseurs / spécialistes du domaine des éléments électroniques (porté, greffé, appareillé, intégrer dans le textile) mis en service et qui peuvent leur être utiles dans leurs approches de créations des textiles et vêtements intelligents. Améliorer, faire évoluer le rendu à travers la solution technologique, la compréhension du potentiel d'utilisation des matériaux technologiques, électroniques et leur méthode d'application ou d'intégration dans le substrat textile. Le seul levier reste que ces matériaux doivent être intégrés de façon à ce que le tissu conserve toutes les propriétés intrinsèques du textile traditionnel (apparence, performance, qualité, légèreté, confort, flexibilité pour s'adapter au mouvement du corps).

Conclusion

L'ordinateur a toujours été l'élément central de la culture numérique. Aujourd'hui suite au progrès révolutionnaire qu'a connu les domaines de l'électronique et de l'informatique, de grandes recherches sur la miniaturisation des composantes électroniques et l'évolution des algorithmes de programmation a permis de donner lieu à des microsystèmes embarquées qu'on peut intégrer de manière discrète ou pas dans plusieurs types de dispositifs portables autonome tel que l'e-textile, étant notre cas d'étude, dans le but de les rendre numériques, technologiques voire "intelligent" : « *La progression continuelle de la miniaturisation des composantes électroniques va permettre d'incorporer ces éléments dans le textile et de concevoir des dispositifs que l'on portera sur soi, au plus près de soi. Nous voyons déjà émerger le concept de « wearable/vêtement computer », en prise directe avec tous nos sens* »[548].

Les dispositifs textiles électroniques basés sur les systèmes embarqués fonctionnent comme étant des mini-ordinateurs (adoptant presque le même fonctionnement des ordinateurs), fonctionnent sur le même principe. Ils sont composés essentiellement d'une partie "Hardware" avec des éléments électroniques en interaction entre eux, à travers la partie "Software" grâce au logiciel programmé. Ils sont alors devenus capables d'exécuter des tâches et des fonctions bien spécifiques de manière autonome (Agir de manière automatique). La différence entre les exemples varie selon l'application c'est-à-dire selon la tâches ou la fonction à exécuter et dans le la complexité du scénario informatique qui définit le scénario d'usage. La programmation est responsable de définir la complexité du scénario informatique. Les e-textiles ont alors participé au changement de l'usage des interfaces classiques ouvrant la voie à de nouvelles formes d'interaction. (Nouveau concept de création).

La révolution numérique à entrainer un bouleversement créatif et technique dans l'industrie du textile et de l'habillement. Il s'agit d'une collaboration étroite entre le domaine de la création – design, les sciences et le domaine des technologies numériques. Avisons que les sciences ont toujours influencé le champ de la création et de la conception. Ces deux domaines tout à fait différents donnent lieu à de nouvelles possibilités créatives. Les projets interactifs en e-textiles présentent d'une part un intérêt de point de vue conceptuel et d'autres

[548] Dominique Paret, Pierre Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents* (ISTE editors, 2019), 176.

part un intérêt de point de vue technique et technologique. Il ne s'agit pas seulement de l'élaboration d'une nouvelle génération de textiles - vêtements électroniques mais d'une nouvelle démarche d'élaboration : conception et fabrication de prototypes et de projets innovants. De grandes recherches au niveau des composantes électroniques adéquates pour chaque projet ainsi leurs procédés d'intégration dans le substrat vestimentaire évoluent et varient d'une année à l'autre. Nous avons essayé d'entrer dans la technicité, d'analyser les mouvements déclenchant de cette nouvelle mode technologique. Nous nous sommes attardés sur la technicité du projet pour étudier les différentes pratiques et expérimentations.

A son apparition, l'e-textile intègre des composantes dures et apparentes placées sur la surface du textile. Certains créateurs ont utilisé ces composantes de manière esthétiques dans leurs créations, ce qui offre un aspect artistique comme l'exemple de "The Climate Dress" [549]. D'autres, ont essayé de cacher, camoufler les éléments électroniques avec du tissu, les placés dans des poches comme l'exemple "Philips x Levi's ICD+". De nouvelles possibilités (mode de fabrication) de l'intégration des technologies dans le substrat textile sont offertes aujourd'hui. Après, le substrat électronique flexible, mais pas discret comme l'exemple de "la veste musicale". Les recherches actuelles se font dans le but d'assurer une meilleure discrétisation, invisibilité, souplesse et confort puisque le fil ou la fibre est devenu en lui-même électronique.

Les tissus intelligents qui comportent de l'électronique rigide ou souples et qui préserve en même temps toutes les propriétés intrinsèques du textile traditionnels donne un nouvel élan à la démarche d'innovations dans le domaine des textiles électroniques. Ce domaine innovant a suscité l'intérêt des créateurs, scientifiques et industriels qui travaille chacun selon son approche le même concept textile/ vêtement intelligent décliné en différents supports sous forme d'interfaces d'échange et de communication. L'enjeu sera de faire ajuster la technologie aux exigences du monde du textile dans le but de s'adapter aux besoins des utilisateurs-cible en leur proposant de nouvelles expériences (sensorielles et émotionnelles) à travers les nouveaux usages offerts par les vêtements électroniques. Cette collaboration entre la technologie et la mode va œuvrer à la création d'une révolution commerciale et d'un nouveau style de vie[550].

[549] " Climate Dress 2009 ", *DIFFUS*, accessible sur le lien : https://diffus.dk/work/project-climate-dress/, consulté le 03 juillet 2019.
[550] David Eves, Philips Design, *New Nomads: An Exploration of Wearable Electronics by Philips* (Rotterdam, Netherlands: 010 Publishers, 2000).

Cette section a été consacré à étudier l'histoire des technologies numérique, l'apparition et l'évolution des textiles électroniques. D'après Marine Pierrot Plenard, « *[d]epuis l'arrivée des premiers composants électroniques, l'homme cherche à combiner vêtement et électronique. Bien qu'évidemment, les composants de l'époque ne permettaient pas encore de disposer de produits véritablement fonctionnels et esthétiques* »[551]. Les premières apparitions d'une génération de e-textiles étaient fonctionnelles mais n'étaient pas d'une part confortable à porter et d'autre part très esthétique à observer vu les composantes lourdes, encombrantes et attachées sur la surface. Malgré cela les e-textiles ont changé notre vie de façon spectaculaire et continueront éventuellement à le faire suite à une intégration de technologie de plus en plus poussée. Ces dernières années, les recherches technologiques ont pris de nouvelles directions plus prometteuses vers l'instauration d'une culture digitale. Beaucoup de recherches sont consacré à ce thème d'actualité et les visions d'avenir sont de plus en plus nombreuses. La nouvelle génération des textiles électroniques seront appelées " E-textile" connectés dans le texte suivant. Nous allons dans la dernière section de la thèse, nous focaliser sur l'apparition de la génération des e-textiles connecté apparu grâce à l'amélioration des développements technologiques (connectivité : internet, réseau de communication sans fils, …).

L'e-textile connecté permettra à son porteur d'être toujours connecté n'importe où, relier à n'importe qui et à n'importe quel moment. Un prolongement du concept du « wearable Computing » prédit par Mark Wieser, ce qui donne au vêtement interconnecté et communicant de nouvelles dimensions d'usages offrant de nouvelles possibilités d'interaction entre le porteur, le vêtement connectés, l'environnement et les autres. Les e-textiles connectés seront capable de performances, fonctionnalités de plus en plus intelligentes « *ils sentiront notre présence, contrôleront notre santé et s'adapteront à nos besoins individuels* »[552]. Les vêtements seront en mesure d'échanger – interagir avec la personne qui les porte et avec d'autres personnes offrants de plus en plus de potentialités, de possibilités et d'opportunités. De plus, le vêtement sera de plus en plus autonome avec la capacité d'être auto-rechargé, d'où une meilleure efficacité énergétique. Quels sont les progrès technologiques qui ont influencé l'industrie textile vers l'apparition des e-textiles connectés ? Quel est l'impact de l'interconnexion des textiles avec d'autres objets connectés sur l'ouverture de nouvelles perspectives d'utilisation donnant naissance à de nouvelles interfaces de synthèses relationnelles ?

[551] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents,* 176.
[552] Ibid.

TROISIEME PARTIE

E-textile " connecté " et interfaces de synthèses relationnelles

Suite aux différentes évolutions dans l'histoire humaine, nous constatons une effervescence d'innovations, d'inventions et de découvertes dans plusieurs domaines. L'industrie textile en est impactée comme toutes autres industries. Nous clarifions nos propos : dans le sillage des trois révolutions industrielles qu'a connu le monde depuis la fin du XVIII^{ème} siècle jusqu'aujourd'hui, nous nous retrouvons embarqués de plein fouet dans la quatrième. Celle-ci est mieux connue sous l'appellation « Industrie 4.0 »[553].

Cette étape repose principalement sur les acquis de la troisième révolution industrielle, en particulier à l'égard du développement rapide et impressionnant des réseaux de communication et des technologies de l'information.
Il est de notre devoir de rappeler que :

La première révolution industrielle a permis à l'eau, et surtout à la vapeur, de devenir source de forces permettant de mécaniser la production.

La deuxième a utilisé l'électricité pour faciliter l'accès à la production à grande échelle.

La troisième s'est concentrée sur l'utilisation de l'électronique et des technologies de l'information et de la communication pour donner naissance aux technologies de l'informatique et donc de l'ordinateur. L'accès aux nouvelles connaissances en informatique permettra l'accès à la programmation ce qui donnera naissance à l'automatisation de l'industrie. Nous sommes ici face à un exemple de deux secteurs (le secteur industriel et le secteur des services) qui tirent l'un et l'autre partie de leurs évolutions respectives. Les échanges commerciaux se font de manière plus rapide, le flux d'informations croît en conséquence et les différentes sociétés de télécommunication en tirent le plus de bénéfices en voyant leurs services de plus en plus sollicités. Ce qui crée un besoin constant d'inventivité et d'innovation

Aujourd'hui, la quatrième révolution industrielle tourne autour du mélange de nouvelles technologies qui brouillent les frontières entre tout ce qui est physique, numérique et biologique à la lumière d'un creuset de développements rapides dont les effets se sont étendus en faisant fi des distances et des frontières, donnant naissance à une industrie intelligente et transfrontalière.

[553] " Industry 4. and the fourth industrial revolution explained ", i-scoop, accessible sur le lien: https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/, consulté le 13 Avril 2020.

Comment de nos jours sommes-nous parvenus à aboutir à une interface intuitive qui permettrait à un enfant de naviguer aussi facilement à partir d'un écran tactile si ce n'est en étudiant la logique humaine ? Ce qui montre que les résultats des recherches informatiques, technologiques et biologiques se sont retrouvés concentrés dans la paume de notre main.

La quatrième révolution industrielle se caractérise par l'émergence d'un certain nombre de technologies qui ont commencé à changer la face du monde, dont notamment les technologies de l'intelligence artificielle, l'Internet des objets, la génétique (le génome humain), l'impression 3D, l'ordinateur quantique, la nanotechnologie, la biotechnologie, les voitures autonomes, le Big Data, les monnaies virtuelles, le stockage d'énergie, …[554]. Ces derniers dévoilent comment le technologique a envahi maints domaines pour le faire évoluer vers des frontières qui repoussent le plus impressionnant des scénarii de science-fiction. Aurions-nous pu imaginer que l'invention de l'imprimante allait partir de l'idée de l'impression pour aboutir à celle en 3D et que celle-ci pourrait permettre des applications dans le textile et dans d'autres domaines !

En revenant sur l'atmosphère générale qui a favorisé l'évolution de l'industrie textile, la dernière phase du XX^{ème} siècle a représenté une vraie scène de théâtre sur laquelle s'est jouée l'hégémonie totale de la mondialisation. Aidée par la facilité de circulation de l'information, cette tendance s'accentuera surtout à la fin des années 90 avec la démocratisation de l'Internet : *« Les textiles intelligents sont alors restés dans l'ombre en attendant que la technologie rattrape le concept. C'est avec des avancées technologiques récentes et des technologies toujours plus fines, que les textiles intelligents reviennent dans les esprits »*[555].

Il est clair que la différence entre les anciennes révolutions et celle-ci réside essentiellement dans la vitesse de concrétisation des découvertes sur le plan réel et par la rapidité de leurs perfectionnements. Le temps qui sépare le développement de l'idée vers sa réalisation est lui-même influencé par l'informatisation. La conceptualisation d'un produit se faisant par le biais de l'assistance informatique devient moins couteuses du fait que le produit soit accessible numériquement bien avant qu'il n'entre en phase de production. L'ampleur et la profondeur

[554] Klaus Schwab, "The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond", *World Economic Forum*, 14 Janvier 2016, https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/.
[555] Pierrot Plenard, ''Textiles intelligents ou vêtements connectés, la technologie à même la peau'', *Kicklox*, 2021.

des effets de "l'industrie 4.0" a touché plusieurs domaines, y compris le nouveau secteur des e-textiles connectés. Cette section se penchera essentiellement sur cette thématique.
Nous allons aborder, par conséquent, les caractéristiques de la révolution industrielle 4.0, les avantages dont a bénéficié le domaine des objets connectés en général et leurs applications ayant donné naissance aux e-textiles connectés en particulier. Comment dès lors ne pas se concentrer sur les différentes réalisations dont pourraient bénéficier l'e-textile connectés vu qu'il est un secteur ayant été impacté de plein fouet par la connectivité galopante du monde ?

De nombreux chercheurs et scientifiques ont tenté, chacun à sa manière, d'expliquer la révolution industrielle si particulière que nous vivons aujourd'hui. Les méthodes d'approche de leurs d'analyses étaient aussi plurielles que leur nombre et reposent principalement sur la façon dont ils perçoivent les caractéristiques de "l'industrie 4.0".

Parmi eux, Yan Zeng et Yuehong Yin affirment que la quatrième révolution industrielle est connue sous le nom de "d'industrie 4.0" et qu'elle met l'accent sur le développement d'un processus de fabrication intelligent. L'extension des capacités du monde physique à partir du calcul et de la communication avec l'environnement virtuel aboutit à une meilleure production et productivité[556].

R. Drath et A. Horch attestent que la convergence de la production industrielle et des technologies de l'information et de la communication, appelée "Industrie 4.0", offre aux entreprises et aux instituts de recherche diverses possibilités de refaçonner activement l'avenir. L'impact économique de cette révolution industrielle est censé être énorme, car l'industrie 4.0 promet une efficacité opérationnelle considérablement accrue ainsi que le développement de modèles commerciaux, de services et de produits entièrement nouveaux[557].

Yang Lu, certifie que "l'industrie 4.0", étant la quatrième révolution industrielle, a attiré beaucoup d'attention dans la littérature récente. Elle est étroitement liée à l'Internet des objets (IoT), aux systèmes cyber-physiques (CPS), aux technologies de l'information et de la communication (TIC), à l'architecture d'entreprise (EA) et à l'intégration d'entreprise (EI).

[556] Yan Zeng and Yuehong Yin, " Virtual and Physical Systems Intra-Referenced Modelling for Smart Factory ", *Procedia CIRP*, vol. 63 (2017), 378-383, https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.105.
[557] Rainer Drath and Alexander Horch, " Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum] ", *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 8, no. 2 (June 2014), 56-58, https://doi.org/10.1109/MIE.2014.2312079

Cependant, malgré la nature dynamique de la recherche sur "l'industrie 4.0", il n'existe pas de revues spécialisées qui ciblent systématiquement et d'une manière approfondie les études récentes sur ce sujet[558]. Cependant, certains chercheurs ont expliqué que la signification de "l'Industrie 4.0" comprend les principaux sujets liés à l'Internet des objets (IoT), à l'Internet industriel, …[559] dans le but de rendre l'environnement de l'homme intelligent. La plupart d'entre eux se sont concentrés sur le facteur de coût et de rentabilité grâce à l'utilisation des informations précises et des services intelligents développés et ciblés. Ceci implique une étude du marché cible et des besoins à remplir chez le consommateur. Les résultats permettront de créer un produit, qui malgré sa forte valeur ajoutée restera peut-être inaccessible pour beaucoup, mais trouvera toujours preneurs. Cela implique une satisfaction du besoin du consommateur et une marge de bénéfice confortable pour le producteur.

En conséquence, certaines caractéristiques de "l'industrie 4.0" telles que la prolifération de l'internet des objets (IOT) et l'évolution du concept de l'intelligence artificielle, ont influencé d'une manière ou d'une autre l'émergence du marché des objets connectés, des « wearables connectés » et plus tard des « e-textiles connectés ».

Cette troisième section sera alors divisée en deux chapitres, toujours en lien direct avec les e-textiles qui est notre cas d'étude et, de manière sous-entendue, les e-textiles connectés ainsi que les nouvelles formes d'échanges relationnels qui s'établissent à travers les différents types d'interfaces – utilisateurs envisageables jusqu'alors.

Le premier chapitre marque l'influence de "l'industrie 4.0" sur l'instauration d'un nouveau paradigme : les e-textiles connectés.

Premièrement, nous allons effectuer une étude sur l'évolution du concept de l'internet des objets qui est un type de réseau qui permet de connecter plusieurs objets à la fois entre eux (par exemple : la voiture, la maison, …). Nous allons expliquer que nous assistons aujourd'hui à une croissance permanente d'objets connectés qui s'inscrivent dans différents domaines et à travers différentes applications qui ne cessent de transformer le monde d'une manière générale et d'impacter les modes de vie des humains d'une manière particulière.

[558] Yang Lu, " Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues ", *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 6 (2017), 1, https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005.
[559] Klaus Schwab, " The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond ", *World Economic Forum*, 2016.

Ensuite, nous allons nous focaliser sur les objets connectés portables qui sont une réponse au besoin de l'homme d'éprouver une promiscuité et une connectivité aux objets qui l'entourent. Cela donnera naissance à l'idée de porter sur soi ces objets au lieu de devoir les mettre dans un sac à main et de les transporter ainsi. L'objet en soi sera dorénavant appliqué à l'objet porteur qui deviendra partie prenante de l'utilisateur / consommateur.

La notion de portabilité des objets connectés a donné lieu à deux grandes familles : les "wearables non textiles" c'est à dire les accessoires connectés et les "wearables textiles" c'est à dire les e-textiles et principalement les vêtements connectés qui ont changé de manière ou d'une autre le mode d'utilisation des interfaces classiques.

Nous allons par la suite réaliser une étude comparative entre le marché des accessoires portables connectés et celui des e-textiles connectés et montrer que le premier connaît une véritable expansion par rapport au deuxième vu sa notoriété. Cette observation sera suivie par une enquête sur terrain indiquant les résultats des données collectées à partir d'un questionnaire établi.
Deuxièmement, nous allons nous concentrer sur les différentes catégories de vêtements intelligents connectés qui utilisent le téléphone portable comme interface de communication avec leur porteur. Nous allons ainsi établir une analyse d'un projet correspondant à chaque catégorie appropriée. Cet examen va nous aider à comprendre les différentes possibilités de connectivités offertes pour les créateurs dans ce domaine permettant ainsi de travailler des vêtements connectés ciblés.

Pour sa part, le deuxième chapitre est consacré à une étude des différentes approches employées par les différents spécialistes du domaine des vêtements électroniques intelligents (industriels, designers, artistes, chercheurs - ingénieurs, …). Nous allons examiner les multiples opportunités dues à l'impact de l'évolution des nouvelles technologies dans le domaine textile à travers une analyse de projets interdisciplinaires d'e-textiles : projets commercialisés, projets exploratoires. Il s'agit alors de faire une étude de plusieurs modèles d'interfaces utilisateurs à travers une panoplie de projets polyvalents afin de discuter la diversité entre les démarches créatives des acteurs de ce domaine en pleine expansion. Nous allons exposer en premier lieu les différents domaines d'application du marché des e-textiles à travers une étude de certains projets industriels correspondant à chaque catégorie identifiée notamment : " healthcare", "sportwear", "Workwear", " FashionTech".

En deuxième lieu, nous allons découvrir les intentions et les démarches créatives employées par les créateurs pour travailler un projet e-textile à travers une étude approfondie sur le cas du projet "Maase" des jumelles Nancy et Lou Anne Bohem. Cette analyse est basée sur des interviews réalisées avec ces deux designers. Nous allons synthétiser cette partie en travaillant une ébauche de projet qui va nous permettre de rassembler les acquis et les constatations avisés des différentes observations et analyses nous permettant d'élaborer une ébauche de projet personnalisé.

Nous allons dans un troisième lieu montrer les différentes démarches et méthodes de conception employées dans différents projets e-textiles innovants réalisés par des créateurs, par des ingénieurs ou à travers une étroite collaboration entre différents acteurs. En outre, nous essayerons, à travers les entretiens effectués avec différents acteurs principaux dans le champ du design textile électronique, d'étudier les techniques et les outils qu'ils ont utilisés, les réflexions anthropologiques et sociologiques sur lesquelles ils se sont appuyés, que ce soit du point de vue conceptuel ou pratique et les objectifs qu'ils ont réalisés jusqu'à maintenant. A partir de nos échanges, nous avons essayé de comprendre leurs démarches, leurs objectifs ainsi que leurs projets futurs. En se basant sur cette analyse, nous allons découvrir l'importance des collaborations menées par les différents spécialistes issus de différentes disciplines. Nous allons aussi comprendre les objectifs de ces concepteurs et le degré de leur efficacité et de leur pertinence.

Cette analyse de différents corpus aux propriétés et possibilités multiples nous amène à discuter le vêtement intelligent en tant qu'interface capable d'interagir avec son porteur et avec l'environnement qui l'entoure. Il s'agit de ce fait d'étudier la nouvelle approche interactive du design textile électronique, des nouvelles relations basées sur les différents modèles d'interfaces utilisateurs. Nous allons dévoiler au cours de notre étude ces nouveaux modèles relationnels. Les résultats d'une enquête sur les propriétés relationnelles et interactionnelles suscitées par les e-textiles intelligents chez le consommateur est établie pour affirmer ou réfuter notre hypothèse que les vêtements intelligents sont devenus des interfaces de synthèses relationnelles.

Une dernière partie sera consacrée aux enjeux et aux perspectives qu'offrent les e-textiles connectés. Ainsi la question qui se pose légitimement dans cette section est : Quelles sont les tendances et les développements importants des e-textiles à l'ère des nouvelles technologies ?

Chapitre 1 : Influence de "l'industrie 4.0" sur l'apparition des E-textiles connectés et des Smart textile

Au XXI[ème] siècle, le souci d'être connecté à n'importe quel lieu et à n'importe quel moment est devenu possible grâce à l'expansion de l'internet et à l'émergence des appareils digitaux (téléphones mobiles, smartphone, tablette, ordinateurs portables, …) en tant qu'éléments incontournables dans le changement des modes de vie. D'après Anne Bony : « *La demande de services de données mobiles est croissante : 95% des personnes possèdent un téléphone portable se déclarent désireuses de bénéficiers d'Internet sur leur appareil* » [560]. Le développement rapide des technologies de l'information et de la communication (TIC) et le progrès des réseaux de communication vers la 5G, poussé par une demande croissante des utilisateurs de nouveaux services avancés a fait apparaître une société hyper connectée dans laquelle de nouveaux types de supports technologiques sont apparus. Actuellement, la tendance du « connecté » se propage de plus en plus dans l'environnement et s'étend vers un nombre considérable d'objets intelligents qui peuvent être interconnectés, c'est à dire liés en réseau. Les nouvelles technologies associées au numérique ont fait alors évoluer le marché des objets technologiques et changer leur mode d'utilisation. D'après Anne Bony : « *L'évolution rapide de l'informatique et des télécommunications, ainsi que l'utilisation d'Internet, ouvrent à la vie quotidienne des perspectives inenvisagées, le mot clé est « convergence* ». Ce ne sont pas uniquement les technologies qui se rejoignent, mais aussi les modes d'utilisation »[561]. Cette nouvelle génération d'objets technologiques connectés sera dotée de nouvelles formes, de nouvelles interfaces et aura ainsi un impact considérable sur le développement de nouveaux types et niveaux d'interactions. Dans certains cas, l'interface du téléphone devient capable de gérer un ou différents dispositifs technologiques simultanément. Dans d'autres cas, le dispositif électronique peut même être en mesure de remplacer l'usage du téléphone portable puisqu'il sera capable d'opérer les mêmes fonctionnalités à travers un mode d'utilisation simplifié tel que la parole (assistance vocale) ou la gestuelle.

Nous allons exposer dans cette partie l'influence de "l'industrie 4.0" sur l'émergence du concept de l'internet des objets et son impact sur l'apparition d'une nouvelle génération d'objets connectés et spécifiquement des e-textiles connectés. Nous allons dans cette partie

[560] Anne Bony, *Le design : Histoire, Principaux Courants, Grandes Figures* (Paris : Larousse, Comprendre et reconnaitre, 2013), 224.
[561] Ibid., 223.

poser un regard croisé sur le design et le devenir des usages et des interactions de ces dispositifs technologiques connectés.

Nous développerons cette idée à travers un aperçu sur les notions clefs suivantes : "internet des objets", "objets connectés", "objets portables connectés" et "e-textile connectés" ainsi qu'une analyse comparative de leurs marché réciproque.

Quel est l'impact de l'évolution du concept de l'Internet des objets sur l'émergence d'une nouvelle génération d'objets intelligents connectés en général et des objets intelligents connectés non textiles et textiles en particulier ?

Quelle est la différence entre le marché des accessoires connectés et celui des e-textiles connectés ? Cette question nous impose une étude comparative entre les deux marchés. Nous y répondrons à la lumière de l'étude suscitée et d'un questionnaire auquel ont répondu plusieurs consommateurs.

Quelles sont les diverses catégories de vêtements connectés par rapport aux différents moyens de connectivité utilisé ?

1-1- " Internet of Things " (IoT) et émergence d'une génération d'objets connectés intelligents

Considérée comme étant l'une des caractéristiques de l'industrie 4.0, l'expression de l'anglais " Internet of Things " (IoT)[562] ou ce qu'on appelle en français " Internet des objets " est composée de deux terme : internet et objets[563]. C'est ce qui nous permet de comprendre que ce concept est employé lorsqu'une connexion au réseau Internet est nécessaire pour assurer la connectivité d'un objet à un autre. Dominique Paret et Pierre Crégo affirment dans leur livre qu'« *[i]l faut donc que la connexion au réseau Internet soit mise en cause pour employer ce terme* »[564]. Le rapport Technologie et Soft Power certifie que « *l'Internet des objets (IoT) est l'extension d'Internet à des choses et à des lieux du monde physique.*

[562] IoT, abbreviation de " Internet of Things".
[563] « Philosophiquement, l'objet se définit comme ce qui est pensé, par opposition au sujet, qui constituent l'être pensant. En 1968, le sociologue Jean Baudrillard publie le système des objets, ouvrage initiant une réflexion sur les objets du quotidien. Leur diffusion industrielle entraîne leur constitution en un ensemble systémique et cohérant de signes, préfigurant ainsi la société de consommation » dans Mugnier et Ho, *Design interactif,* 36.
[564] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 18.

Considéré comme la troisième évolution de l'Internet, baptisé Web 3.0 qui fait suite à l'ère du Web social, l'Internet des objets revêt un caractère universel pour désigner des objets connectés aux usages variés dans de multiples domaines »[565]. Le monde des objets connectés a fait de profondes percées dans plusieurs domaines tels que le sport, la santé et le diagnostic médical, l'automobile, le transport, la domotique, … à travers le développement de nouvelles et différentes applications connectées et services ciblés dans une initiative de convaincre la société moderne et les nouveaux consommateurs d'une manière ou d'une autre que nous ne pouvons plus vivre et avancer sans connectivité. Selon l'article Qu'est-ce que l'internet des objets et quel est son lien avec l'intelligence artificielle ? : « *l'internet des objets (ou « Internet of Things », IoT) fait référence à la tendance actuelle de multiplication des objets physiques connectés à internet, que ce soit ceux de notre quotidien privé (smartphones, ampoules, thermostats, machines à laver, robots nettoyeurs, montres, ...) ou ceux de notre quotidien professionnel, en entreprise (machines intelligentes, étiquettes d'expédition…)* »[566]. Nous constatons que la forte propagation du paradigme de l'« internet des Objets » envisage la présence et l'augmentation d'un grand nombre d'objets variés et diversifiés, de tous types et de toutes tailles, qui envahit l'espace connectés au réseau[567] et qui peuvent être suivis et contrôlés à travers des applications mobiles.

Pour résumer, nous constatons que l'augmentation des objets connectés permet aussi à l'utilisateur de communiquer et d'interagir avec les autres partout et à n'importe quel moment en s'attribuant une nouvelle dimension spatiau-temporelle. Avant, l'internet était un réseau d'ordinateurs mais aujourd'hui l'internet des objets est devenu un réseau d'une nouvelle génération de différents appareils connectés. L'internet des objets (IoT) ouvre la possibilité à l'interaction de : personne à personne, personne à dispositif et dispositif à dispositif[568].

Cependant, dans certains aspects " Internet des objets" ne se limite pas seulement aux objets connectés à internet mais à n'importe quel autre type d'objet connecté. De ce fait "Internet des objets" peut être défini comme étant un réseau d'objets physiques[569] connectés c'est-à-

[565] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 44.
[566] « Intelligence artificielle et autres technologies numériques avancées », *economie*, 31 Aout 2022, accessible sur le lien : https://www.intelligenceartificiellepourpme.be/faq/quest-ce-que-linternet-des-objets-et-quel-est-son-lien-avec-lintelligence-artificielle, consulté le 02 Septembre 2022.
[567] *Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper*, *Cisco*, 2019: 1-35, accessible sur le lien: https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-738429.html, consulté le 23 Mars 2021.
[568] Ovidiu Vermesan, Peter Friess, *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems* (River Publishers Series in Communications, 2013).
[569] Ibid.

dire liés entre eux via une connexion. La question qui se pose alors : pourquoi se limiter à une connexion internet alors qu'un objet peut être connecté alors que d'autres moyens existent. Dès lors nous pouvons nous demander : connecté à quoi, avec quel type de connexion ? Ces objets peuvent alors être connectés à travers différents autres moyens ou protocoles de communication tels que par exemple : Bluetooth, Wifi, NFC, BLE…[570]. D'où la conclusion que ces objets ont la capacité d'être reliés soit par internet, soit par d'autres moyens de communications vraisemblablement sans fils pour devenir acquérir une connectivité entre eux.

Nous supposons alors que les objets connectés sont souvent dotés d'intelligence et d'une initiative à procurer de l'intelligence ou une fonction intelligente dans le but de faciliter la vie de l'homme moderne. Cependant, comment peut-on attester que les objets connectés sont des objets intelligents ?

Nous allons exposer certaines définitions qui vont nous aider à approuver cette hypothèse. D'après Dominique Paret et Pierre Crégo atteste que : « *IoT est souvent défini comme étant un réseau des Objets incorporant généralement une technologie de type "Embedded" c'est-à-dire intégrée ou embarquée de capteurs, d'électronique, de logiciels et une connectivité afin de détecter, de communiquer ou interagir avec leur états internes et/ou l'environnement externe et d'échanger des données avec un opérateur, un fabricant, un fournisseur de services ou d'autres éléments connectés* »[571]. Ainsi, pouvons-nous constater alors que les objets connectés sont qualifiés d'intelligent puisqu'ils ont la capacité de communiquer, d'établir une relation d'échange d'informations entre eux et avec d'autres objets connectés[572]. Ces objets seront ainsi qualifiés de communicants. Or, cette capacité à communiquer implique-t-elle que l'objet soit qualifié ou qu'il acquiert la capacité d'être intelligent ? D'après l'ISO[573], « *[u]n smart device est un élément possédant de la connectivité électronique et/ou une puissance de calcul embarquée* »[574], c'est ce qui laisse entendre qu'il possède une intelligence. Le monde de l'internet des objets procure en conséquence de l'intelligence grâce à une capacité de collecte et de détection, d'analyse et d'exploitation des

[570] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 19.
[571] Ibid., 18.
[572] Keyur K Patel & Sunil M Patel, " Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. ", *International Journal of Engineering Science and Computing*, vol. 6, no. 5, 2016, https://doi/10.4010/2016.1482.
[573] ISO : Organisation internationale de normalisation.
[574] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 19.

données dans le but de déclencher des actions ou opérations et de partager des informations. La programmation permettra la possibilité d'une prise de décision[575]. Ces objets intelligents, qualifiés de communicant, possèdent une compétence de communication à travers leur capacité de partager des données avec leurs utilisateurs pour différentes raisons parmi lesquelles nous pouvons citer la localisation, le suivi des signes vitaux et la surveillance personnelle en temps réel, …[576].

Pour conclure, la notion de l'IoT, inventée en 1999 par un membre de la communauté de développement de l'identification par radiofréquence (RFID) a connu une évolution importante à présent suite à la croissance significative des appareils mobiles, de la communication embarquée ou ce qu'on appelle aussi omniprésente, du Cloud [577] - informatique en nuage et de l'analyse des données[578]. L'impact de l'évolution technologique sur notre monde influence notre manière d'interagir avec les objets qui nous entourent. Ces nouveaux usages produisent ainsi de nouvelles interactions entre homme et machine. En effet, comme nous l'avons déjà mentionné l'idée de l'informatique ubiquitaire a été développée par Marc Weiser depuis 1991 et elle a prévu que la communication entre différents types de dispositifs technologiques opère l'interaction qui s'établie aujourd'hui entre les objets connectés et les interfaces reliées : « *En 1988, toujours au Xerox Park, le scientifique Marc Weizer a été à l'origine de la notion d'informatique ubiquitaire, introduisant l'idée de dispositifs numériques, peu coûteux et mis en réseaux. Ils se substituent aujourd'hui peu à peu à l'usage de l'interface de l'ordinateur au profit d'objets connectés, anticipant ce qui deviendra au début du XXI*^{ème} *les notions d'objets communicants et d'internet des objets »*[579].

Adam Greenfield était persuadé en 2006 que Mark Weiser avait comme intention que la technologie pourra étendre ses fonctions vers de nouveaux substrats qui ne sont pas encore considérés comme de la haute technologique à ce stade-là. Parmi ces fonctions : la détection, le traitement et la mise en réseau de l'information... Cette idée a été suggérée en 1999 par Don Norman, un universitaire en sciences cognitives qui a déclaré que la technologie ambiante deviendrait plus personnelle et que de nouveaux appareils portables nous

[575] Anne Faure, Mohammed Harfi et al., *Le monde de l'internet des objets : des dynamiques à maîtriser*, Rapport de France Stratégie, Février 2022, https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-2022-rapport-iot-fevrier.pdf.
[576] Vermesan, Friess, *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*.
[577] Thomas Erl et al., *Cloud Computing: Concepts, Technology, & Architecture* (Prentice Hall, 2013).
[578] Hwauyi Geng, *Internet of Things and Data Analytics Handbook* (Wiley, 2017).
[579] Mugnier et Ho, *Design interactif,* 28.

submergeront afin de nous permettre d'interagir inconsciemment avec la technologie environnementale embarquée[580]. Les multiples innovations technologiques qui s'appliqueront aux dispositifs portables vont entrainer le monde vers de nouveaux modes de communication et d'échange.

Nous allons dans ce qui suit montrer l'évolution qu'a connue le monde des « wearables connectés ». Ainsi, le secteur du textile et de la mode connectés sera l'objet d'une attention particulière dans cette recherche[581] puisque les e-textiles connectés sont une sous-catégorie des objets connectés portables.

Quel est l'impact de la prolifération des objets connectés sur l'apparition du domaine des objets portables connectés en général et des e-textiles connectés en particulier ? Quel est l'impact de l'évolution des notions de connectivité d'une part et de l'intelligence d'autre part sur le domaine des "wearables" non textiles et textiles ?

1-2- " Wearables " connectés intelligents non textiles et textiles :

Considérer dans la partie précédente que le contexte de l'évolution des IoT a fait évoluer un nombre croissant d'objets connectés diversifiés. Ce contexte a également fait apparaitre un sous-ensemble de petit objets électroniques connectés portable, c'est-à-dire que l'on portera sur soi, au plus près de soi. Paret et Crégo confirment cette idée que « [*l*]*es wearables connectés sont en fait un sous-ensemble spécifique des Objets connectés pouvant être reliés (ou non) à Internet* »[582]. Plusieurs termes sont utilisés pour désigner ce contexte tels que : "wearable" (portable), "wearable technology" (technologie portable) et "wearable devices" (objets portables).

Comme tout objet connecté, les wearables connectés sont capables de se connecter à d'autres éléments grâce à leurs capacités intelligentes devenant ainsi interconnectés. "Cisco visual Networking Index" a déclaré qu'en général les deux facteurs responsables de l'augmentation considérable du nombre d'appareils portables interconnectes d'année en année est due d'une

[580] Donald A. Norman, *The invisible Computer* (London: The MIT Press, 1999).
[581] Keyur K. Patel and Sunil M. Patel, " Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. " *International Journal of Engineering Science and Computing*, vol. 6, no. 5, 2016, https://doi/10.4010/2016.1482.
[582] Paret et Crégot, *Werables, textiles et vêtements intelligents,* 17.

part à la large pénétration de l'internet des objets et d'autre part à la demande grandissante des consommateurs[583] de nouveaux produits bénéficiant des dernières nouvelles technologies pouvant tirer le meilleur profit des nouvelles avancées. Il s'agit alors d'un segment de marché en perpétuel renouvellement qui va ouvrir la voie à des recherches, défis et perspectives technologiques inédites.

Comme nous pouvons le constater à partir de notre vécu, le domaine des technologies portables a connu une croissance exceptionnelle et exponentielle au cours des dix dernières années encouragées par une forte miniaturisation aboutissant à la discrétisation des composantes électroniques. Sophie Bramel et Patricia Poiré affirment que : *« L'électronique ne cesse de se miniaturiser et une pléiade d'appareils variés occupent une place de plus en plus importante dans notre vie quotidienne »*[584]. Ceci a donné lieu à une augmentation significative de la commercialisation et de l'utilisation des appareils mobiles et de l'expansion de leur part de marché : *« Il est vrai que l'essor des objets / wearables connectés et de l'usage généralisé du tout numérique engendre la production de très nombreuses données et crée de nouvelles opportunités d'amélioration de leur efficacité opérationnelle, de pouvoir réinventer l'expérience client et les créations de nombreux services »*[585].

Il est bénéfique d'expliquer le fait que les manias des nouvelles technologies tablent sur les attentes qu'ils créent pour que le consommateur soit toujours assoiffé de nouveautés. Hardware et software évoluent de pair et ceci impact l'expérience du consommateur. Une génération d'appareil mobile se voit être renouvelée presque toutes les deux années. Inconsciemment, suite à l'obsolescence de son appareil et pour d'autres raisons dont l'incapacité de gérer les nouvelles applications, le consommateur est dans l'obligation de participer, bon gré mal gré, à la course de l'acquisition du dernier model à la pointe de la technologie. La tendance à la course aux derniers modèles de la mode d'habillement, en vogue durant les années 90 et 2000, s'élargit et devient fait de société qui touche le domaine du technologique.

Suite aux avancées technologiques et scientifiques, de nombreux types d'appareils et de dispositifs portables intelligents sont apparus et continuent d'émerger et de prendre place

[583] *Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper*, Cisco, 2019.
[584] Bramel et Poiré, *Mode et Tissus = High-Tech : Fabrics and Fashion*, 134.
[585] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 29.

aujourd'hui sur le marché. Les dispositifs "wearables" portables deviennent une sorte de support mobile et dynamique qui ont la possibilité de traiter ou d'analyser des informations recueillies de leurs environnements. Grace à une puissance de calcul ces dispositifs sont capables de collecter, de stocker et de partager ces informations avec d'autres dispositifs mis en réseau ou encore de les afficher dans leurs environnements. Nous allons par la suite à travers les analyses que nous effectuerons ultérieurement montrer les différentes possibilités offertes.

Cependant de nombreux classements ont été établis à propos des dispositifs intelligents connectés. Nous allons nous référer à quelques-uns pour montrer l'évolution des différentes catégories possibles.

Dominique Paret et Pierre Crégo les classent en deux catégories : les dispositifs portables intelligents non textiles tels que les montres intelligentes, les Trackers de fitness et les lunettes intelligentes, … et les dispositifs portables intelligents textiles[586].

Sabine Seymour les classe, par contre, selon le degré de leur rapprochement du corps humain. Le degré de rapprochement entre le corps et la technologie se mesure par le niveau auquel nos corps deviennent une extension de ce progrès technique. D'après elle, il existe trois degrés[587] :

- "Hand-held" c'est-à-dire les appareils mobiles portés à la main.
- "Fashionable wearable" c'est-à-dire la mode portable.
- " Implanted" c'est-à-dire les implantables.
-

La Commission technique (CT) 124 de la Commission électrotechnique internationale (CEI)[588], de son côté, distingue quatre différents types de dispositifs électroniques portables[589] :

Les accessoires, les textiles, les dispositifs patchables et les dispositifs implantables.

[586] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 21.
[587] Seymour, *Fashionable Technology*, 28.
[588] Un effort continu de normalisation dans le domaine des dispositifs électroniques portables.
[589] Commission Électronique Internationale, " Technologies et dispositifs électroniques prêts-à-porter – Partie 101-1 : Terminologie. " (2021), ISBN 978-2-8322-9918-0, https://standards.iteh.ai/catalog/standards/clc/a8a6f3c0-acb2-4707-8e08-cef550024c1b/en-iec-63203-101-1-2021.

Ces différentes catégories sont visibles dans la figure suivante :

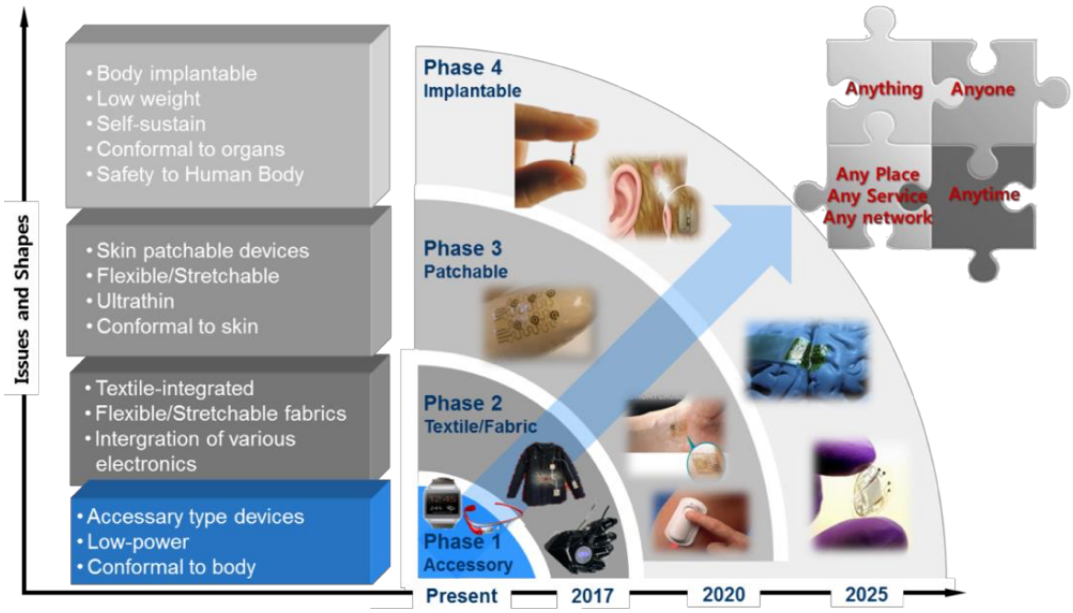


Figure 19. Évolution des dispositifs et technologies électroniques portables
(Alexandru, Adriana & Ianculescu, Marilena., 2017)

Nous constatons que l'évolution des différents types de dispositifs se mesure par leurs rapports de continuité avec le corps humain. Ils peuvent être portés sous forme d'accessoire ou de vêtement, appliqués, tatoués ou implantés[590]. Quel que soit le type de dispositif, sa disposition ou son emplacement, sa fonction et le degré de son interaction avec le corps humain peuvent être les mêmes.

Nous considérons que l'évolution de ces catégories s'inscrit dans une initiative de recherche de discrétisation et de rapprochement du corps voire d'en faire une extension de celui-ci à travers les inventions telles que les dispositifs patchables, implantables et les tatouages. Certes, principalement dans une initiative de rapprochement de plus en plus du corps humain ces dispositifs vont même s'incruster dans le corps. C'est une démarche de discrétisation assurée grâce à une certaine évolution de la notion de la miniaturisation. Toutes ces expérimentations se sont intéressées d'une manière ou d'une autre à développer des systèmes qui occupe un peu le corps. Est-ce que ceci peut tracer la voie vers un corps connecté ?

[590] "Smart Wearables : Reflection and Orientation Paper.", *European Commission*, (Brussels, 28 November 2016), 10, accessible sur le lien : ec.europa.eu/newsroom/document.cfm ? doc_id=40542, consulté le 25 Juin 2020.

Nous allons brièvement évoquer les dispositifs patchables et implantables afin de les expliciter. Cette démarche vise à éclaircir leur relation avec le corps d'une part mais également avec les différentes autres catégories d'objets portables connectés et intelligents. Cette allusion tend seulement à les expliquer d'une manière générale puisqu'ils ne sont pas inscrits dans le corpus de notre recherche. Nous pensons qu'il est intéressant de les mentionner car nous considérons qu'il faut mettre l'accent sur ces deux derniers types puisqu'en eux se concentre l'essentiel du futur des technologies embarquées par le corps humain. Généralement, il s'agit d'intégrer de l'électronique flexible dans des dispositifs qui peuvent être placés sur la surface de la peau ou même incorporés sous la peau sous forme de puce.

Nous allons commencer par expliquer la première catégorie d'implants qui sont de minuscules appareils électroniques portables, légers et autonomes, incorporés chirurgicalement sous la peau sous forme de puces. Ils sont utilisés généralement pour des raisons médicales telles que le suivi de la contraception, des niveaux d'insuline, etc. Par la suite, la deuxième catégorie est celle des dispositifs patchables, qui sont des appareils flexibles et très fins installés directement sur la peau. Citons dans ce sens le projet "Skintile" qui est une sorte de bijou sensoriel capable de capter les données de la personne et de réagir en fonction. Comme l'indique le schéma ci-dessous figurant dans le livre « Design interactif » de Patrice Mugnier et Kuei Yu Ho : « *Electronic Sensing Jewelry est un projet de joaillerie sensitive réalisé en collaboration avec le projet européen STELLA, dont l'objectif est de développer une électronique souple et extensible qui intègre la source d'énergie, la captation et l'affichage. Skintile définit un nouveau genre de bijou autonome, collé sur le corps et qui réagit aux informations corporelles* »[591].

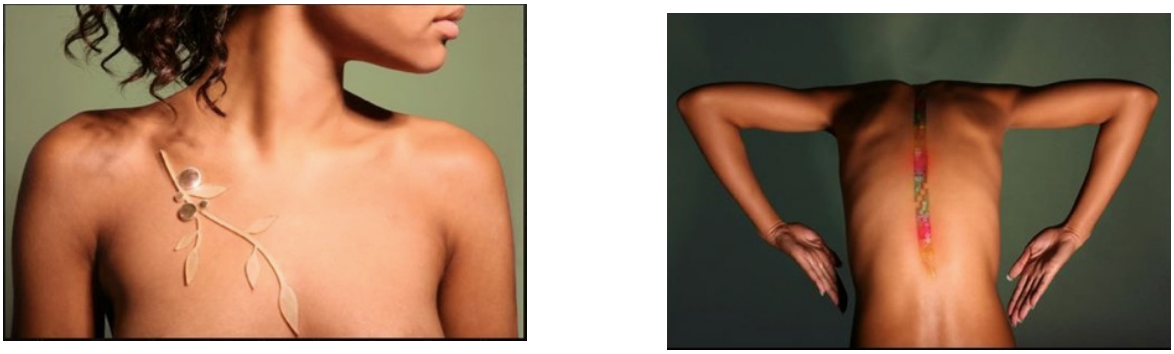


Figure 20. Electronic Sensing Jewelry
(Mugnier, Patrice et kei Yu Ho, 2012)

[591] Mugnier et Ho, *Design interactif* ,176.

Après avoir ouvert une parenthèse sur les évolutions possibles des dispositifs portables en relation directe avec la peau de l'homme, nous allons reprendre maintenant notre analyse des werables connectés en nous référant au classement de Dominique Paret et Pierre Crégo : dispositifs portables non textiles et dispositifs portables textiles qui sont les deux catégories les plus connues. Ceci nous permettra d'aboutir à une explication de leurs usages. Nous évoquerons d'abord les différents dispositifs portables non textiles pour montrer leurs spécificités et leurs différentes fonctionnalités. Ce qui va nous aider à expliquer ultérieurement les intentions des créateurs derrière leur désir de dépasser les opportunités offertes par ces accessoires vers de nouveaux types de supports plus fiables étant plus près du corps.

Les accessoires connectés envahissent de plus en plus notre quotidien permettant l'accès à plusieurs applications dans différents domaines. Abordons quelques exemples d'accessoires et les fonctionnalités qu'ils viennent ajouter à leurs fonctions basiques.

a. Accessoires portables connectés intelligents

La catégorie des "werables" non textiles intègre différents dispositifs de type accessoires qui peuvent être classés par secteur d'activité.

Le secteur de la mode nous fournit l'exemple des montres intelligentes[592]. Appelées « Smart Watch », ce sont les appareils portables les plus connus et les plus vendus d'après une étude du marché Européen des montres intelligentes (2016-2020)[593]. Plus qu'une simple montre générique qui indique l'heure, la connexion d'une montre intelligente à un smartphone permet d'avoir diverses nouvelles fonctions et fonctionnalités parmi lesquelles : l'affichage des médias numériques, la lecture des actualités et la navigation internet, etc. L'accès Internet et la connectivité Bluetooth permettent aux utilisateurs d'effectuer des opérations telles que par exemple la navigation, la synchronisation des applications, passer et recevoir des appels, l'envoie et la réception de messages, d'e-mails ainsi que la réception des différentes notifications concernant les mises à jour des réseaux sociaux, etc. Cette accessibilité à l'interface téléphonique, visible directement sur le poignet, permet de se libérer de son

[592] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 21.
[593] " Consumer Goods & Retailing Market Research Reports & Industry Analysis ", Market Research.com Knowledge.identified Delivered, accessible sur le lien: https://www.marketresearch.com/Knowledge-Business-Value-KBV-Research-v4085/Europe-Smart-Watch-10496030/, consulté le 23 Janvier 2021.

téléphone. Au lieu de devoir à tout bout de champ le sortir ou l'avoir en main, un simple coup d'œil à sa montre suffit à avoir toutes les informations disponibles sur son téléphone.

Les entreprises de fabrication de montres intelligentes s'efforcent d'investir massivement dans les activités de R&D[594] pour offrir des produits différenciés et gagner une plus grande part de marché. L'industrie de la montre intelligente connaît progressivement une croissance sans précédent avec des fonctionnalités plus améliorées. Par exemple la "série 4 de l'Apple Watch" permet la lecture cardiaque par électrocardiogramme sans avoir recourt à aucun accessoire supplémentaire. La "Matrix Power Watch Série 2" permet aussi de recharger l'appareil via l'énergie solaire et la chaleur corporelle à la place de l'électricité.

Les marques de mode de luxe ont aussi conçu des montres intelligentes comme substitut aux bijoux de luxe traditionnels avec une assimilation de deux visions. L'esthétique et le luxueux aux avancées technologiques. Ainsi le client se retrouve satisfait en ayant accès à un produit mêlant les attentes dues à son rang social (sa richesse doit se voir) et à leur désir d'être toujours à l'affût de la moindre nouveauté technologique.

Un autre exemple d'accessoires très répandu orienté à des applications de sport ou de santé, ils sont connus en tant que Trackers. Ce sont des traceurs intelligents[595] sous forme de bracelet connectés. Parmi eux nous pouvons citer l'Activity Tracker ou suiveur d'exercice physique : tel que le "Fitness tracker" qui est un successeur moderne des podomètres rudimentaires. Le "Manpo-kei", première forme de Fitness Tracker, a vu le jour en 1965 avec le docteur Yoshiro Hatano[596]. Cherchant à lutter contre l'obésité à travers le "10000 pas par mètre", son objectif de référence est de fournir le bon équilibre entre l'apport calorique et la dépense calorique basée sur l'activité, ce qui permet d'avoir un corps sain[597].

Actuellement, la nouvelle génération de "Fitness Tracker" surveille et enregistre des informations sur le rythme de l'utilisateur par rapport aux nombres de pas, aux exercices et à la consommation des calories effectués par l'usager. Elle utilise ces informations pour calculer des données précises sur la fréquence cardiaque, les calories brulées et d'autres

[594] R&D : recherche et développement
[595] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 21.
[596] Dr Hatano, professeur japonais à l'Université de la santé et du bien-être de Kyushu.
[597] Josh Douglas-Walton, " A study of Fitness Trackers and Wearables ", *Hfe*, https://www.hfe.co.uk/blog/a-study-of-fitness-trackers-and-wearables/?fbclid=IwAR2IkbOKRShS_EWAKJAYgGza9CL-CqRqfjPKSIzFB6VcjZcDW3q2BnaC5Oc

mesures de fitness. La marque "FitBit" [598] est désormais Leader sur le marché des appareils de santé et de fitness connectés et intelligents. Ce genre de dispositifs est conçu spécialement pour les personnes sportives qui aiment courir, faire du vélo, nager, etc. tout en restant connectées. Généralement, ils sont munis d'un traceur GPS.

Nous constatons une différence entre les bracelets connectés et les montres intelligentes. Le bracelet connecté est un simple traceur d'activité capable d'analyser par exemple le sommeil, le nombre de pas ou de kilomètres parcourus ou encore la fréquence cardiaque de son porteur. Par contre, les montres connectées peuvent être considérées comme étant une extension du smartphone. Elles sont capables d'exécuter les mêmes opérations en changeant d'interface. La montre devient ainsi capable d'effectuer les mêmes opérations mais d'une façon simplifiée. Par exemple l'accès aux notifications à travers l'interface de la montre connectée sans devoir manipuler son téléphone. De plus, les bracelets connectés, orientés aux applications de santé ou de sport, sont moins onéreux que les montres connectées, appliquées au champ de la mode, car ils ont comparativement moins de fonctionnalités et jouent sur l'aspect fonctionnel plutôt que sur l'aspect esthétique. Alors que les montres connectées mêlent les deux, à savoir l'esthétique au fonctionnel.

Or, Bracelets et montres connectées, restent visibles et surtout détachés du matériau de base qu'est le tissu. Ainsi le rapport Technologie et Soft Power affirme dans le même sens que : *« Le principal problème avec les smart watches et les trackers actuels est que la technologie est visible. Cela atteste de la suprématie de l'esthétique par rapport à la seule fonctionnalité de l'objet. Mais smart watches et traceurs intelligents ne sont que le début des wearables. Il y a un secteur qui se fait discret pour le moment mais qui devrait peut-être changer la donne dans les années à venir : le textile connecté. Lors d'une conférence organisée par la firme de prévision WGSN, Andrea Bell, la directrice en charge de l'étude du comportement des consommateurs, a prédit que d'ici 2030 les wearables, tels que nous les concevons aujourd'hui, seraient obsolètes. "Il n'y aura plus de wearables, nos vêtements seront tout simplement connectés. » affirme-t-elle. Sur ce marché, la concurrence est rude et mondiale...*

Toutefois, la France dispose de deux atouts de taille : sa connaissance historique du textile et son savoir-faire en microélectronique »[599].

[598] " Fitbit", accessible sur le lien : https://www.fitbit.com/global/us/home, consulté le Consulté le 18 Juin 2021.
[599] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 49.

A l'invention des accessoires portés, a succédé alors une grande innovation dans le monde de la technologie portable qui consiste à concevoir des articles portés directement sur le corps et qui intègrent et incorporent la technologie à des différents degrés. Dans ce sens nous pouvons constater que les e-textiles intelligents sont une sous-catégorie des objets portables connectés venus suite aux avancées technologiques et scientifiques et à la prolifération de l'industrie 4.0 et comme réponse à certaines défaillances mais surtout dans une initiative de rendre la technologie de plus en plus invisible.

Suite à cette présentation succincte de différents accessoires technologiques, il est préférable de relier cette partie à notre sujet de base qui est le tissu. Ceci va nous permettre de montrer sa métamorphose en e-tissu. Notre étude se focalisant sur les e-textiles connectés, nous préférons nous concentrer sur le substrat textile ou vestimentaire qui seront le matériau de base sur lequel s'appliquera la technologie qu'elle soit embarquée ou intégrée.

b. E-textiles et vêtements connectés intelligents

Avec l'évolution des technologies, l'homme ne se limite plus au besoin d'être connecté, de partager et de communiquer avec d'autres personnes mais son ambition est de porter cette technologie tout près du corps. Ceci lui permettra d'être relié à n'importe qui, à tout moment, pendant toute activité et dans n'importe quel environnement. Les secteurs de la mode et du design vestimentaire ont été influencés par cette montée prépondérante des objets connectés. Ils se sont inspirés de ces différents fonctionnements pour innover leurs secteurs respectifs. L'invention des textiles électroniques intelligents est une initiative de remplacement des accessoires connectés portables « wearables » par un nouveau type de support technologique de plus en plus proche du corps, plus précis, plus confortable et surtout plus discret. Les e-textiles sont conçus pour intégrer des fonctionnalités semblables aux autres dispositifs portables sauf qu'ils seront au plus près de l'usager puisque intégrés aux textiles. Ainsi les propriétés essentielles et intrinsèques du vêtement ordinaire (confort, légèreté, sécurité, résistance, imperméabilité, etc.) sont maintenues avec un ajout technologique assimilé. C'est ce qui donne à ce nouveau type de support plus d'aisance dans l'usage. Faire épouser aux accessoires technologiques les spécificités du textile leurs permet d'acquérir sa modularité ainsi que son confort. Plusieurs raisons ont été derrière le fait d'intégrer de la technologie au support vestimentaire.

Un premier argument en faveur de cet ajout est le fait qu'un accessoire technologique étant non assimilé au vêtement peut être oublié par inadvertance ou par simple oubli. Sauf que, l'habit, vu son importance et surtout le fait qu'il se soit transformé en un prolongement de notre individualité, ne peut être en aucune manière oublié. Réfléchir à ce que nous porterons pour telle ou telle autre occasion, pour aller au travail, pour épater les amis ou pour faire bonne impression lors d'un entretien, ce sont ici des exemples qui montrent l'inséparable relation établie par l'homme vis-à-vis du vêtement. Tout ceci reflète le fait qu'oublier sa montre peut se produire, mais qu'oublier de se vêtir ne peut en aucun être involontaire. Étant donné que les accessoires sont portés sous forme d'auxiliaires, l'utilisateur peut être en mesure d'oublier de les porter dans certaines conditions.

Pour cette raison et pour d'autres, de nouvelles applications wearable plus proches du corps humain sont apparues. Les vêtements intelligents sont considérés comme l'avenir de la technologie portable étant plus souple et plus discret. Différents appareils électroniques intelligents sont incorporés dans les vêtements à travers différentes techniques et méthodes de fabrication dans une initiative de les rendre de plus en plus invisibles. C'est ce qui donne lieu à différentes applications fonctionnelles dans plusieurs domaines.

Un autre point fort qui distingue cette nouvelle catégorie, c'est qu'elle semble plus utile dans la mesure où elle permet de garder les mains libres de toutes attaches même des accessoires. Ce qui implique plus de confort dans l'usage. Bramel et Poiré affirment qu'« *[o]n aspire aujourd'hui à être libre de toutes attaches, mais jamais déconnectés. Grâce aux électro textiles, ou e-textiles, apparus au tournant du XXI*^{ème} *siècle, les vêtements se veulent intelligents, interactifs et connectés. Des claviers textiles souples, reliés à un réseau de fibres conductrices tissées dans le vêtement ont été développés pour raccorder plusieurs appareils entre eux et les rendre faciles d'accès pour des utilisateurs dans des conditions difficiles* »[600]. Certains projets que nous allons analyser montrerons l'étendu des applications de ces nouveaux dispositifs.

La précision des mesures est également un facteur essentielle : « *Les textiles intelligents pourraient jouer un rôle clef en collectant par exemple certaines données physiologique*

[600] Bramel et Poiré, *Mode et Tissus = High-Tech* : *Fabrics and Fashion*, 136.

(cœur, transpiration ...) avec beaucoup plus d'exactitude qu'une montre ou des lunettes »[601]. Étant donné que le vêtement est en contact directe avec le corps et surtout qu'il est porté directement sur les organes essentiels, c'est ce qui permet d'offrir de nouvelles possibilités d'intégration des capteurs sur l'emplacement désiré qui permettra d'offrir des mesures plus précises. Les composantes électroniques et capteurs sont disposées plus près du corps et sont ainsi capables de donner des mesures plus fiables. Le vêtement devient ainsi une sorte de deuxième peau, « *une seconde peau* »[602] capable d'interagir avec son porteur et avec les autres grâce à la technologie embarquée.

Le marché des textiles électronique est stimulé par la demande croissante de technologie portable et connectée. Cela a engendré un impact économique considérable sur l'industrie des textiles et des vêtements électroniques. Aujourd'hui les textiles électroniques concurrencent les objets technologiques portables existants qui ont dominé le marché puisqu'ils proposent une alternative plus discrète, plus confortable et à haute valeur ajoutée en plus de services de plus en plus ciblés : « *C'est un marché de niche, mais nous commençons à en voir le potentiel et l'utilité", estime Lutz Walter, responsable recherche-développement et innovation chez Euratex, la confédération des fabricants européens de textile* »[603]. Les vêtements intelligents sont l'usage futur du domaine des wearables connectés.

Les dispositifs portables ont acquis une popularité croissante auprès des consommateurs au cours des dix dernières années d'où l'essor lié aux textiles et aux vêtements connectés comme medium et avenir du domaine des wearables. Les textiles et vêtements intelligents ont réussi au fil du temps à créer un impact significatif sur les habitudes et les comportements des utilisateurs, et plus généralement sur leurs modes de vies. Nous allons ainsi faire une étude de marché pour montrer la relation que peut entretenir aujourd'hui le consommateur avec les différents dispositifs portables connectés en général et les e-textiles connectés en particulier.

Cet examen sur les objets portables connectés va nous aider à étudier la différence entre les wearables non textiles et les wearables textiles. Quel est l'impact de l'apparition et de l'émergence aujourd'hui de nombreux types de dispositifs technologiques en général, « wearables » en particulier sur le marché des e-textiles connectés ?

---

[601] IDEFI CréaTIC (université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents*.
[602] « Seconde peau » : notion adoptée par Claude Fauque et Sophie Bramel pour désigner les fibres et textile d'aujourd'hui.
[603] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 51.

c. Étude comparative entre le marché des objets connectés portables et des textiles connectés

L'internet des objets, avec son effet révolutionnaire sur le monde d'aujourd'hui, pousse les chercheurs à faire des statistiques et des prévisions pour estimer le futur de la technologie des différents objets connectés. Nous allons faire une analyse des marchés respectifs des objets connectés portables non textile et textile. Cet examen va nous dévoiler l'impact considérable de la montée en croissance de ces nouveaux dispositifs sur le changement du comportement de l'utilisateur envers la technologie en vue d'instaurer de nouvelles relations qui s'établissent à travers cette nouvelle catégorie et génération d'interfaces.

Pour y parvenir, nous allons nous fonder sur une analyse de l'ensemble des objets connectés, tout en précisant et en tenant compte que les e-textiles sont une sous-catégorie de cet ensemble.

Notre étude commence par montrer l'évolution croissante du nombre des objets connectés par rapport au nombre de personnes sur terre. Le schéma ci-dessous indique que depuis 2003 jusqu'à 2020 la population de la planète est passée de 6 Milliards à 7.83 Milliards de personnes tandis que le nombre des objets connectés est passé, lui, de quelques millions à 50 Milliards. En 2011, Cisco IBSG a estimé à 50 milliards le nombre d'appareils interconnectés d'ici 2020. Intel, plus optimiste, a prévu 200 milliards d'objets connectés d'ici la même année[604].

Nous constatons donc que le nombre des objets connectés s'est considérablement amplifié par rapport au nombre des êtres humains. Ceci est constatable également au nombre d'objets connectés produits chaque année. La production étant proportionnelle à la demande. S'il y a surproduction, le marché sera saturé et s'il y a sous production il y aura pénurie du produit.

Certes, la pénurie créera un engouement mais elle peut également engendrer la lassitude de l'attente prolongée, ce qui impacterait l'image de marque du producteur.

[604] Dave Evans, *Livre blanc : L'internet des objets : comment l'évolution actuelle d'internet transforme-t-elle le monde ?*. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), Avril 2011 :1-13, accessible sur le lien : http://www.audentia-gestion.fr/cisco/internet-of-things-fr.pdf, consulté le 21 Décembre 2019.

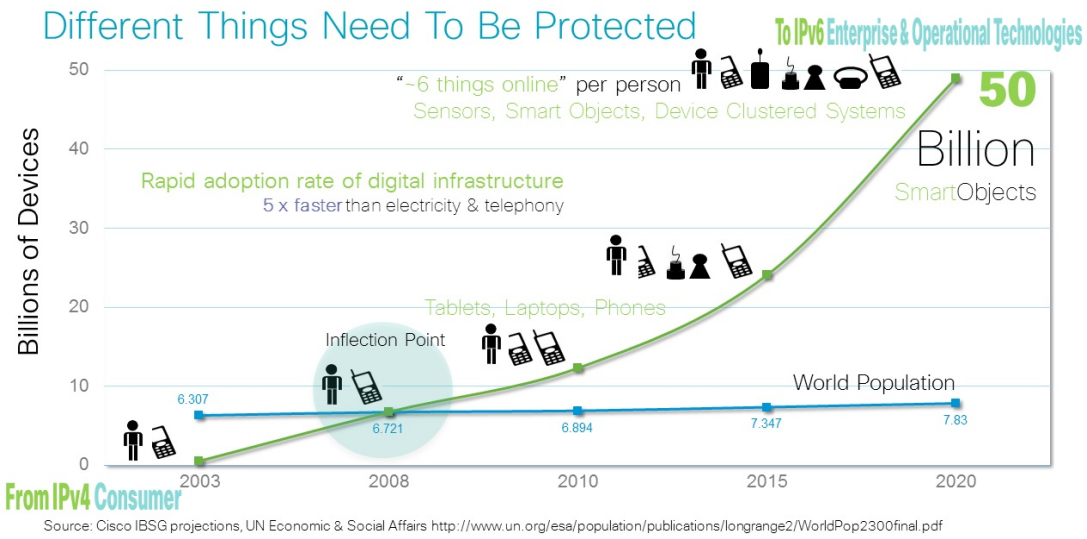


Figure 21. Schéma statistique de l'évolution des objets connectés par personne entre 2003 et 2020
Cisco IBSG projections, UN Economics & Social Affairs
(Robbins, Mark D., 2019)

L'analyse du schéma statistique de l'évolution des objets connectés[605] par personne démontre qu'en 2003, Alors que la population était estimée à 6,3 milliards, il y avait 500 millions d'objets connectés. Ce chiffre s'est multiplié par douze en l'espace de 7 années. En 2010, le nombre d'objets connectés atteint les 12,5 milliards pour une population estimée à 6,8 milliards. Donc, en 2010, nous pouvons confirmer que presque chaque personne a à disposition deux objets connectés.

En 2015, le nombre des objets connectés s'est presque multiplié par 2 par rapport à 2010. Il a atteint 25 Milliards pour 7, 2 Milliards de personnes sur terre. Le chiffre d'appareils connectés en 2020 a quadruplé par rapport à celui de 2015[606].

Cette ascension vertigineuse reflète non seulement l'engouement des consommateurs mais également les besoins d'avoir à disposition plusieurs objets permettant une connectivité pour satisfaire une utilisation précise. En 2020, chaque individu possède entre 6 et 7 objets connectés, par exemple un téléphone portable, un ordinateur, une tablette, une montre, un bracelet, des lunettes, un vêtement, des chaussures, etc.

[605] I*nternet of Things (IoT) using Cross-layer design : issues and possible solutions - Scientific Figure on ResearchGate, accessible sur le lien : https://www.researchgate.net/figure/IoT-Growth-5_fig2_322115340, consulté le 24 Novembre 2018.*
[606] Ibid.

Nous remarquons ainsi une évolution du nombre d´appareils connectés par personne. Cette constatation est illustrée par la figure ci-dessous[607] qui présente l'évolution de la moyenne des objets connectés par rapport au nombre de la population mondiale entre 2003 et 2020[608].

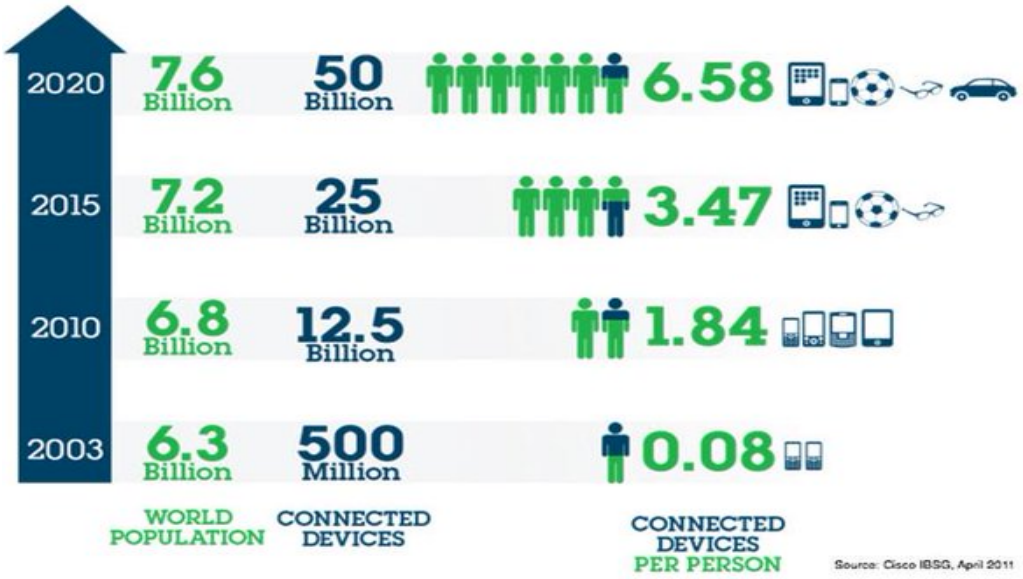


Figure 22. Évolution de la moyenne des objets connectés par rapport au nombre de la population mondiale entre 2003 et 2020
(Cisco IBSG April 2011)

Nous constatons que cette évolution est due à la multiplication des supports technologique en vue de la croissance des objets connectés.

Nous assistons à un grand nombre de dispositifs qui émergent de jour en jour et qui varient l'usage des interfaces homme-machine. C'est ce qui donne un nouvel élan à la démarche d'innovations dans le domaine des « wearable technologies », (technologie portable) en général et e-textile en particulier.

Au cours des vingt dernières années, le domaine des technologies portables a connu une croissance exceptionnelle alimentée par l'augmentation significative des objets connectés et

[607] Ismail, Y. Introductory Chapter: Internet of Things (IoT) Importance and Its Applications; *IntechOpen*: London, UK, (2019): 1–4.
[608] Yaïci, Wahiba, Karthik Krishnamurthy, Evgueniy Entchev, and Michela Longo. 2021. "Recent Advances in Internet of Things (IoT) Infrastructures for Building Energy Systems: A Review" *Sensors 21*, no. 6: 2152. https://doi.org/10.3390/s21062152.

de l'internet des objets[609]. Le marché des technologies portables a connu un essor considérable ces dernières années. Certaines statistiques ont montré l'évolution du développement des objets portables connectés au fil du temps. Des études de marché récentes ont prévu une augmentation considérable et une croissance supplémentaire dans les années à venir[610]. Cette croissance est alimentée par le fort potentiel des recherches universitaire dans ce domaine et le nombre considérable des nouveaux produits apparaissant sur le marché[611]. Le secteur des technologies portables englobe les wearables connectés non textiles représentés par les accessoires et les dispositifs portables et les wearables textiles représentés par les textiles et les vêtements connectés. Nous allons commencer notre analyse par une étude sur les comportements des consommateurs des objets connectés portables. D'après FOP, les accessoires connectés sont perçus par 79% des français comme étant une véritable révolution à l'égard des smartphones et des tablettes[612]. D'après Strategy Analytics, les montres et les bracelets connectés sont les objets connectés les plus vendus. Le taux avoisine les 90% de la totalité des objets connectés vendus[613].

S'appuyant sur une recherche réalisée en 2014, PwC[614] a lancé une investigation en 2016 sur le comportement des consommateurs des technologies portables pour mieux comprendre l'utilisation de ces appareils et pour identifier les tendances dans le secteur afin de découvrir les opportunités et les potentielles nouvelles applications dans ce domaine. En fait, cette recherche basée sur un questionnaire s'est principalement concentrée sur l'attitude des consommateurs envers la technologie portable[615]. Elle examine en profondeur la pénétration et l'usage de divers types d'appareils, ce qui lui permet d'étudier et d'analyser le besoin du consommateur par rapport à ces produits futurs, "wearables devices". Le but est de connaître la motivation du consommateur par rapport à l'usage de ces objets et l'impact de ces usages sur l'individu et sur la société.

---

[609] Wu and Li, "An Introduction to Wearable Technology and Smart Textiles and Apparel: Terminology, Statistics, Evolution, and Challenges" dans Dong, *Smart and Functional Soft Materials* (2019).
[610] Ramon Liamaset al., " IDC forecasts steady double-digit growth for wearables as new capabilities and use cases expand the market opportunities ", *International Data Corporation (IDC),* 2019.
https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44930019.
[611] Lieva Van Langenhove, "Smart textiles: Past, present, and future ", dans *Handbook of Smart Textiles* (Singapore: Springer, 2015), 1035-1058.
[612] FOP, 2014
[613] David Watkins, " Connected World: Smart Home Is Key to Tomorrow's Internet Of Things ", *Strategy Analytics*, 2017, https://www.strategyanalytics.com/zh/access-services/devices/connected-home/smart-home/reports/report-detail/connected-world-smart-home-is-key-to-tomorrow's-internet-of-things?aa=940256&ri=14278.
[614] PwC, abréviation de PriceWaterhouseCoopers, est un réseau de sociétés multinationales de services professionnels qui opérent sous forme de partenariats et sont situées à Londres.
[615] "The Wearable Life 2.0 Connected living in a wearable world'', *Consumer Intelligence Series*. *PwC*, accessible sur le lien : https://www.pwc.com/ee/et/publications/pub/pwc-cis-wearables.pdf, consulté le 02 Mai 2020.

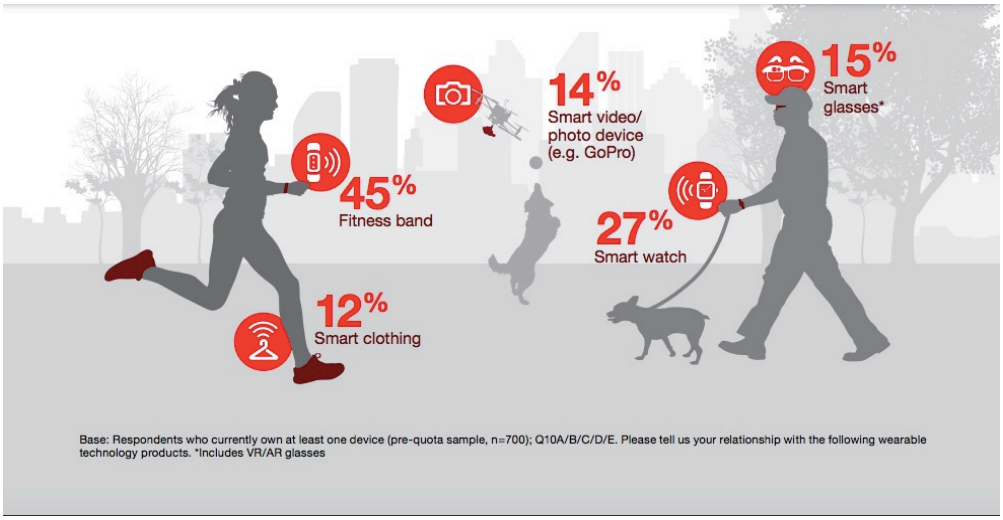


Figure 23. Comportement des consommateurs des technologies portables
(PwC, 2016)

L'enquête et l'analyse des données externes montrent qu'homme et femme aiment les "wearables". Cependant, les hommes sont plus susceptibles de posséder des montres et des lunettes intelligentes que les femmes. De plus, cette recherche a montré que les plus jeunes sont beaucoup plus disposés à posséder des appareils portables que les sujets plus âgés[616]. Nous remarquons alors que l'adoption des dispositifs portables diminue avec l'âge. Certainement, l'amplification des appareils intelligents dans maints domaines améliorera la qualité de la vie de façon incroyable, quels que soient l'âge et le sexe. En outre, l'utilisation dépend du besoin du consommateur cible, par exemple les joueurs et les sportifs professionnels ont plus tendance à posséder des appareils portables qui leur offrent beaucoup d'avantages dans le domaine du sport. Ces dispositifs ont la capacité de les assister, de les accompagner et de les aider à améliorer leurs performances grâce à l'analyse des données collectées. Dans d'autres cas, les adeptes de technologie et de produits high-tech achètent ces dispositifs innovants dans le seul souci d'être toujours tendance et à la page. Nous pouvons conclure que les domaines d'application des objets portables sont différents et peuvent à travers les interfaces homme-machine proposer un nouveau type d'usage qui aide le porteur et lui procure une expérience interactive différente.

Comme nous avons pu le constater les textiles et vêtements électroniques connectés appartiennent à la large famille des wearables. Nous constatons que les applications restent les mêmes, seulement le support change et évolue de l'accessoire au vêtement. Plusieurs

[616] " The Wearable Life 2.0 Connected living in a wearable world ", *Consumer Intelligence Series*.

enjeux techniques, technologiques et créatifs ont contribué à l'évolution des textiles et vêtements électroniques connectés. Nous allons examiner des statistiques qui illustrent ces développements afin de mieux comprendre l'état actuel et le futur potentiel dans ce domaine.

Certaines études montrent la croissance des résultats de la recherche universitaire dans le domaine des textiles et vêtements intelligents. Or ceci n'est pas perceptible sur le marché[617]. C'est ce qui nous permet de déduire que les projets commercialisés en e-textiles sont moins nombreux que les projets de recherche académiques ou industriels. Cela peut justifier le manque de notoriété et l'usage moins fréquent des vêtements connectés par rapports aux accessoires connectés.

D'après une analyse faite en Novembre 2016 par la société Occams Business Research and Consulting, le marché des e-textile devrait croitre d'au moins 36% d'ici 2022[618]. D'après l'IEC TC 124, en 2018, les vêtements intelligents étaient à leur première phase d'évolution puisque les accessoires intelligents ont déjà atteint une certaine maturité vu leur commercialisation à grande échelle. Toujours d'après eux, les études universitaires et les recherches industrielles ont prévu d'atteindre une deuxième phase de maturité pour les textiles et vêtements intelligents vers 2020[619]. Aujourd'hui, le phénomène du vêtement connecté a pris de l'ampleur et touche de plus en plus de personnes, de tous milieux et de tous âges. Le nombre de personne qui porte des vêtements connectés ne fait que croître et c'est ce qui explique l'évolution progressive du marché.

Il existe différents types de vêtements électroniques connectés : t-shirts, vestes, pantalons, chaussures, sous-vêtements, chaussettes, etc. D'après l'analyse de marché Global Market Insights sur rapport de l'industrie mondial, les prévisions du marché des vêtements intelligents 2024 effectué par Preeti Wadhwani et Saloni Gankar[620], montre que le segment des t-shirts intelligents augmentera considérablement de plus de 50% par rapport aux autres types de vêtements intelligents. Le t-shirt est le produit le plus commercialisé étant donné

[617] Jennifer Wu and Li Li, "An Introduction to Wearable Technology and Smart Textiles and Apparel: Terminology, Statistics, Evolution, and Challenges" *Smart and Functional Soft Materials*.
[618] Olivier Dessibourg, " Des textiles collecteurs d'énergie pour des vêtements connectés ", *Le* temps, 15 Avril 2017, https://www.letemps.ch/sciences/textiles-collecteurs-denergie-vetements-connectes?fbclid=IwAR2gcBR5-Q_nm-v_yHacGxPnoj C9MR3EJpJjNtT6nn_9Zs9kQ8Y3NE9xxdE, consulté le 28 Avril 2020.
[619] Fernández-Caramés and Fraga-Lamas, " Towards the Internet of Smart Clothing: A Review on IoT Wearables and Garments for Creating Intelligent Connected E-Textiles ", *Electronics* 7 n°12 (2018).
[620] " Smart Clothing Market Size By Product ", *Global Market* Insights, August 2017, accessible sur le lien: https://www.gminsights.com/industry-analysis/smart-clothing-market, consulté le 11 Mars 2020.

qu'il est le type de vêtement le plus utilisé par tout le monde. De plus, il a la capacité de mieux détecter des données biométriques et de les analyser afin d'aider à accroitre et optimiser la performance puisqu'il est placé au plus près du haut du corps, directement sur les organes les plus importants. Les vestes intelligentes marquent pareillement une forte demande grâce leur capacité à contrôler et à gérer les appareils mobiles du porteur sans avoir à les toucher en tapotant directement la veste tactile interactive ce qui permet de se connecter à plusieurs services (musique, appareils photo, réception et rejet d'appels)[621].

Nous constatons que le support vestimentaire offre de nouveaux avantages à son porteur : utilisation plus simple et qualités relationnelles plus évoluées en plus du fait qu'il soit plus confortable à porter puisqu'il s'agit de matériaux souples qui ont la capacité de draper et donc d'épouser la forme du corps de celui qui le porte. Nous allons par la suite présenter un examen que nous avons effectué et qui va nous aider à vérifier les résultats déjà cités dans la partie précédente. Il s'agit d'une étude comparative entre le marché des accessoires portables connectés et des e-textiles connectés réalisée sous forme de questionnaire. Les résultats vont nous aider à montrer qui d'entre ces deux marchés respectifs a plus de notoriété par rapport à l'autre. Le questionnaire[622], effectué par nous, et auquel 103 personnes ont répondu, va nous permettre de mieux comprendre l'intérêt et le comportement des consommateurs par rapport aux dispositifs et accessoires portables connectés en général et au e-textile en particulier. Cette investigation sera susceptible d'être réalisée à plus grande échelle dans l'avenir.

Résultats d'une enquête (sous forme de questionnaire) sur les dispositifs portables intelligents connectés (non textiles ou textiles)

Nous avons lancé une enquête sous forme de questionnaire pour évaluer la notoriété et la popularité des objets connectés en général, ainsi que les e-textiles connectés en particulier. Nous avons également étudié leurs relations et interactions avec les utilisateurs, ainsi que leur impact sur la vie sociale. Le questionnaire comprend une vingtaine de questions, dont la plupart sont précises et d'autres sont ouvertes. Nous avons analysé les réponses obtenues pour mettre en évidence la relation entre le marché des objets connectés portables avec les textiles connectés.

[621] " Smart Clothing Market Size by Product ", *Global Market* Insights, August 2017.
[622] Analyse d'un questionnaire en ligne : Les dispositifs portables intelligents connectés "non textiles ou textiles", Annexe : 542-551.

L'échantillon des personnes interrogées

Au total, nous avons reçu 103 réponses. L'échantillon de personnes interrogées est composé de 58,25% d'hommes et de 41,75% de femmes.

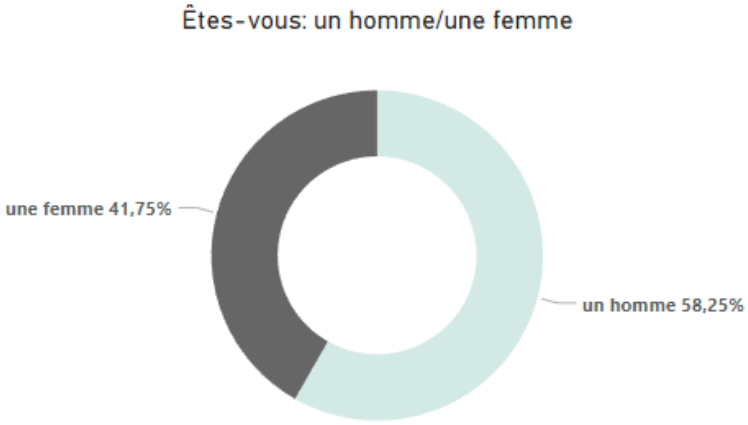
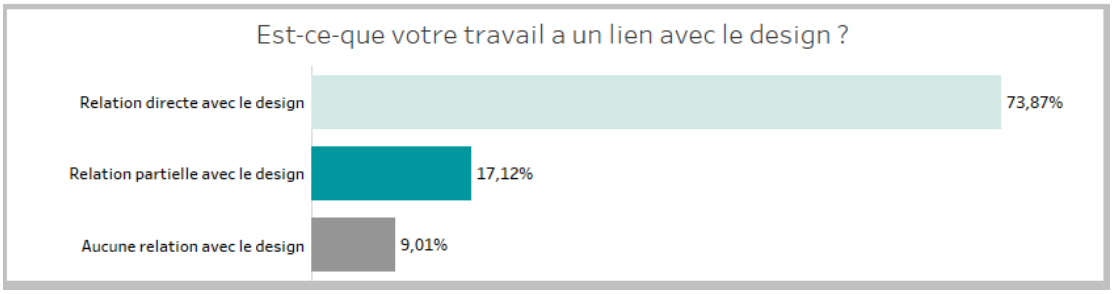


Figure 24 Répartition selon le genre



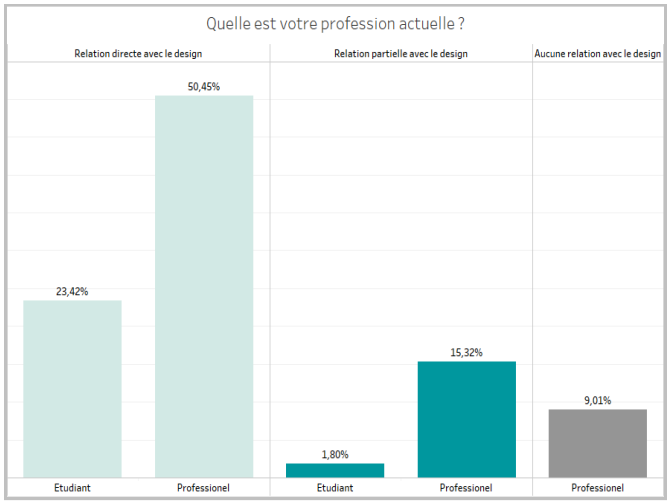


Figure 25 Statut professionnel

Ces participant ont des profils sociaux et professionnels diversifiés, la majorité étant des designers et des ingénieurs. Leur intérêt et leur passion pour les nouvelles technologies et les objets connectés sont des points en communs qui les relient.

L'expérience utilisateur

La grande majorité des personnes interrogées (90,3% de l'échantillon) connaissent les « wearables connectés ».

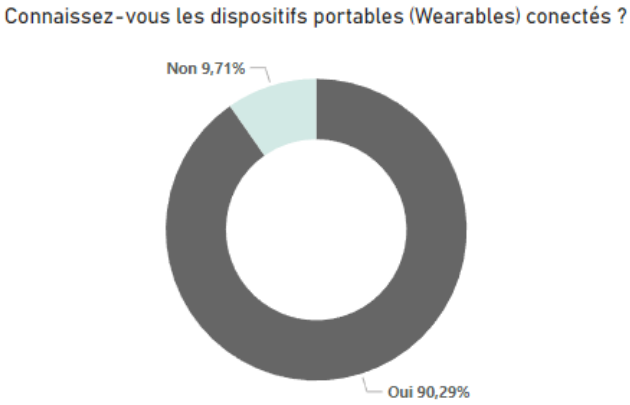


Figure 26 Notoriété sur "wearables" connectés

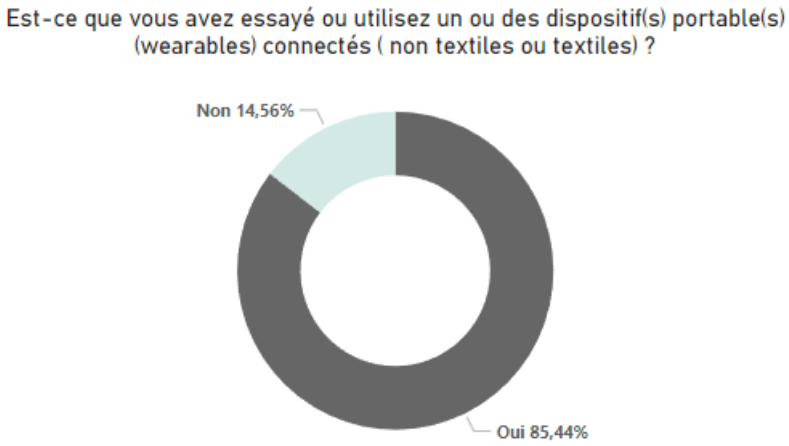


Figure 27 Taux d'utilisation des dispositifs portables

85,4% d'entre eux ont au moins essayé un dispositif portable intelligent connecté (non textile ou textile)

L'utilisation des dispositifs de types dispositifs non textiles (accessoires connectés) est majoritaire par rapport aux dispositifs textiles et vêtements connectés qui ne représentent que 32%.

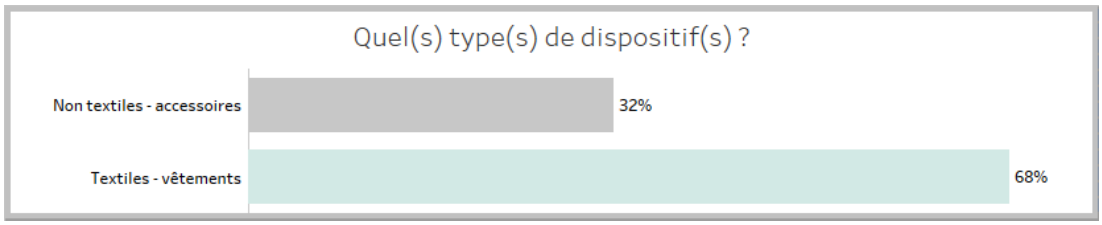


Figure 28 Types de dispositifs

Modalité d'utilisation

Les objets connectés majoritairement utilisés sont les montres intelligentes (Smart Watch) et les suiveurs d'activités physiques (Fitness Tracker).

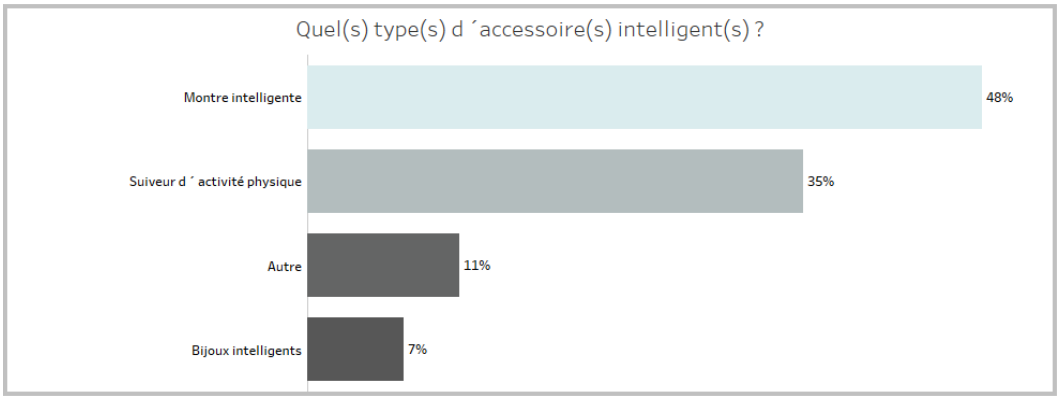


Figure 29 Types d'accessoires intelligents

Les t-shirts sont les vêtements connectés les plus répandus parmi les utilisateurs, représentant 54% du total, suivis des vestes.

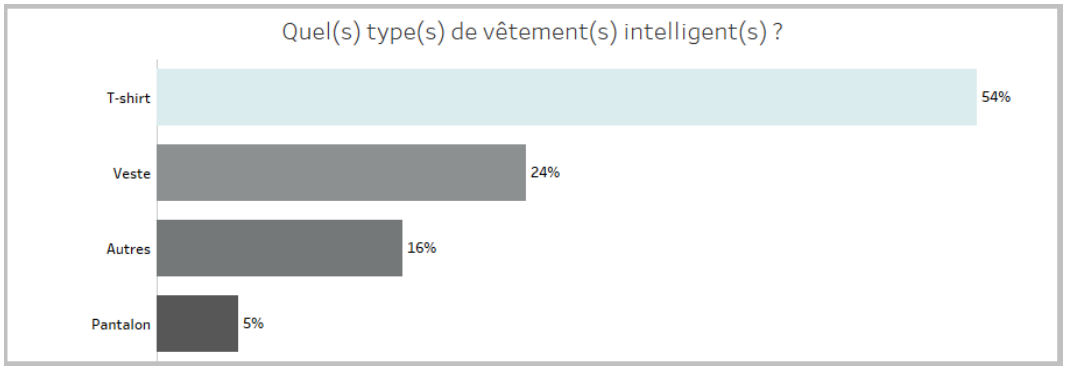


Figure 30 Types de vêtements intelligents

Nous remarquons que la préférence des utilisateurs pour les accessoires connectés par rapport au e-textiles s'explique par l'essor considérable du nombre d'accessoires connectés disponible sur le marché, contrairement aux e-textiles qui ne présentent pas encore une grande variété de projet commercialisés. En effet, la majorité des projets dans ce domaine sont encore en phase de recherche et de développement. De plus, les utilisateurs d'objets connectés attachent plus d'importante à la notoriété du secteur des accessoires connectés qu'à celle des vêtements connectés.

Il convient de souligner que les utilisateurs d'objets connectés portent principalement leur intérêt sur les domaines du sport, de la santé et du bien-être. En revanche, le secteur de la mode et Fashion ne suscite qu'un intérêt limité, avec seulement 8% des utilisateurs qui y accordent de l'importance.

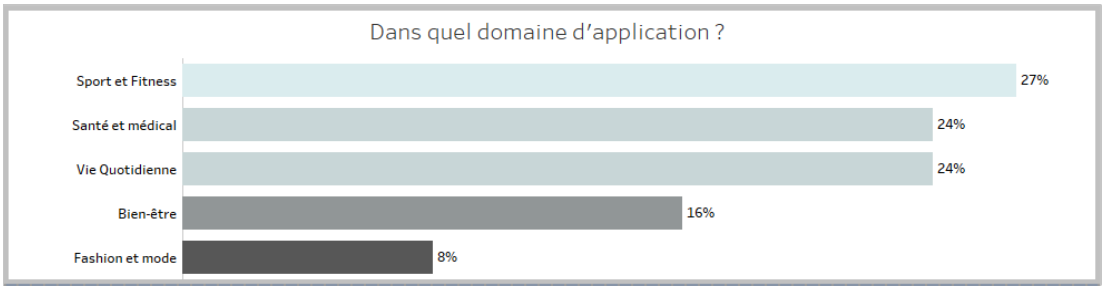


Figure 31 Domaine d'application

Modalité d'achat

La majorité des utilisateurs ont acheté leur dispositif textile connecté en ligne. Bien que l'achat en magasin soit également significatif, représentant près d'un quart de l'ensemble des réponses fournies.

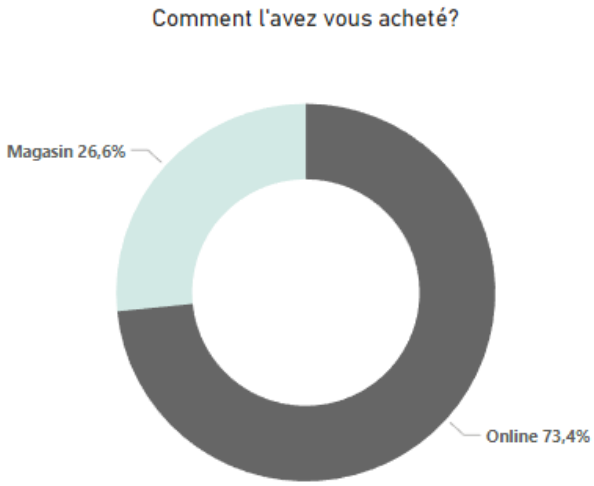


Figure 32 Modalité d'achat

Ce diagramme illustre que les individus ayant une bonne connaissance des nouvelles technologies y ont accès et préfèrent acheter des produits innovant en ligne. Cette préférence pour la facilité d'accès à l'information et à la rapidité se reflète dans leur empressement à acquérir de nouvelles tendances qui peuvent être encore inconnues par les non-initiés.

Les motivations d'achat

Les principales motivations d'achat pour les dispositifs textiles connectés sont la performance, l'aspect innovant et le prix attractif. Les attentes des utilisateurs concernant la valeur technologique, l'accès à différentes fonctions et fonctionnalités, ainsi que le service ciblé offert par les e-textiles connectés. La marque et le design attractif sont également des critères de choix importants.

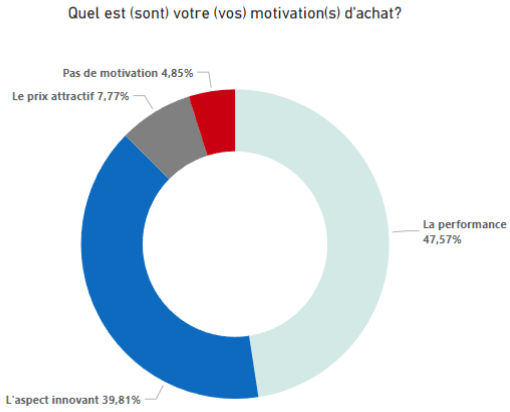


Figure 33 Motivation d'achat

Les entraves é d'achat

Les principaux obstacles à l'achat d'un e-textile connecté sont le prix élevé et l'impact potentiellement néfaste sur la santé. De plus, la sécurité des données ainsi que la question de l'entretien et du recyclage sont également des préoccupations importantes. Le manque d'esthétisme semble être aussi un obstacle significatif car l'aspect visuel a toujours été l'un des facteurs clés dans la décision d'achat d'un vêtement.

Niveau de satisfaction

La majorité des utilisateurs ont exprimé leur satisfaction quant à l'utilisation de leur dispositif connecté, avec 35% déclarant un niveau de satisfaction de 9 et 23% un niveau de satisfaction de 7. Seulement 1% ont déclaré être très insatisfaits (niveau 1). Ces dispositifs offrent un confort et une facilité de connexion qui permettent de créer un lien personnalisé avec l'utilisateur dès son acquisition.

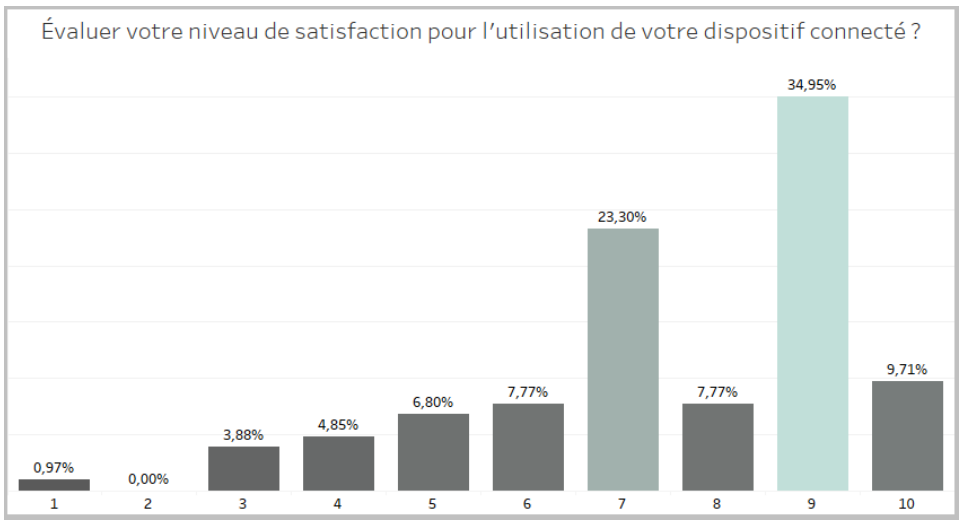


Figure 34 Niveau de satisfaction

En guise de conclusion, les résultats obtenus soutiennent et renforcent les mêmes conclusions que celles des différentes études que nous avons citées dans la partie précédente. 90,3% des sujets interrogés déclarent être familiers avec les dispositifs portables connectés. Il y a une plus grande proportion d'hommes que de femmes dans l'échantillon. 85,4% d'eux ont déjà essayé ou utilisé un dispositif connecté qu'il soit textile ou non. Nous constatons donc une nette augmentation de l'utilisation de ces appareils.

D'après les résultats, l'utilisation des objets connectés non textiles de type accessoire est plus répandue que celle des dispositifs de type textiles. Ce taux atteint près de 70%, tandis que seulement 30% déclarent avoir utilisé des dispositifs textiles connectés. La montre connectée est l'accessoire le plus courant, suivie des traqueurs de fitness (fitness trackers). Parmi les vêtements intelligents, Le t-shirt est le plus couramment utilisé, suivi de la veste. L'objectif principal de ces dispositifs est de rester connecté en permanence et de suivre ses paramètres vitaux en temps réel. Les applications de ces dispositifs varient en fonction de leur domaine d'utilisation.

En général, les secteurs les plus populaires auprès des consommateurs actuels pour les objets connectés sont le bien-être, le sport et la santé. Les statistiques révèlent que les accessoires connectés sont préférés aux vêtements connectés et dominent le marché des wearables. Bien que le secteur des textiles et des vêtements connectés ait connu des évolutions considérables ces dernières années, il reste relativement discret.

Quels sont les facteurs qui freinent l'essor des e-textiles sur le marché des wearables connectés ? quelles sont les raisons de la relative discrétion des vêtements connectés par rapport aux accessoires connectés ?

Nous pouvons expliquer l'augmentation du marché des accessoires connectés par rapport à celui des e-textiles par le fait que cette technologie est encore considérée comme innovante et qu'elle n'a pas encore touché une grande partie des consommateurs. Une autre explication réside dans le fait que certaines innovations liées aux e-textiles en sont encore à l'étape expérimentale et que les différents prototypes n'ont pas encore trouvé de débouchés pour être exposés sur le marché.

Malgré les obstacles qui entravent l'expansion des e-textiles sur le marché et leur commercialisation à grande échelle, il n'en reste pas moins que le champ de l'innovation en la matière demeure extrêmement attractif pour de nombreux domaines d'applications. Avant d'aborder cette problématique plus en profondeur, examinons d'abord les possibilités de connectivité applicables aux textiles, afin de déboucher sur différents types de projets et d'applications e-textiles.

Les e-textiles ont la capacité d'être connectés à Internet et à d'autres types de dispositifs technologiques, ce qui permet une interaction homme-machine complètement différente. Les opportunités s'élargissent pour créer des exemples de textiles et de vêtements intelligents capables de guider, d'aider et d'assister le porteur selon les situations auxquelles il est confronté, donnant ainsi naissance à une nouvelle dimension d'utilisation et transformant l'e-textile en un véritable dispositif de contrôle et de monitoring. Les e-textiles connectés se dotent ainsi de nouvelles capacités intelligentes, voire très intelligentes, ouvrant la voie à de nouvelles perspectives d'utilisation du vêtement.

Quelles sont alors les différentes catégories de connectivité pouvant être utilisées par les vêtements et les textiles électroniques intelligents connectés ?

1-3- Catégories de connectivités applicables aux vêtements intelligents connectés

La création des vêtements électroniques connectés a su tirer parti des progrès technologiques pour offrir des produits innovants, différents et performants. Ce progrès se traduit à travers le développement continuel de systèmes dits "intelligents" aux propriétés développés et de plus en plus autonomes. Le vêtement se dote de nouvelles capacités intelligentes ouvrant la voie à d'autres perspectives d'utilisations des textiles intelligents connectés couplés avec d'autres objets connectés. En ce qui concerne les développements potentiels actuels et futurs des e-textiles connectés, il s'est avéré que la meilleure approche consiste à utiliser les téléphones portables comme interface[623]. Cette idée est soutenue par le progrès considérable qu'a connu le marché de la technologie de la téléphonie mobile ces

[623] Tilak Dias, " Electronically Active Textiles ", Printed Edition of the Special Issue Published in *Fibers*, 2020.

dernières années[624] *: « Le développement des smartphones permet aujourd'hui de rendre accessibles les données via des applications, permettant à l'utilisateur de s'informer et d'adapter son comportement en temps réel. »*[625]. Cette approche soutient l'idée que, la plupart des projets que nous allons analyser par la suite utilise du téléphone portable comme moyen d'interfaçage entre l'utilisateur et le vêtement intelligent connecté. Le dialogue et la communication de l'e-textile connecté à un smartphone est assuré via Bluetooth, Wifi ou à partir du cloud[626]. Or il existe d'autres approches conceptuelles qui permettent aux vêtements d'acquérir sa propre interface. Ces nouvelles démarches ne doivent pas être négligées.
Nous allons dans cette partie analyser trois projets de vêtements intelligents connectés à partir desquels nous allons montrer les éventuelles différentes catégories de connectivités applicables. Ceux-ci sont reliés à une application sur l'interface du téléphone pour assurer la communication entre eux.

Dominique Paret et Pierre Crégo divisent les textiles et les vêtements intelligents électroniques en trois catégories[627] :

- Vêtements intelligents connectés simples
- Vêtements intelligents connectés reliés à Internet
- Vêtement intelligents connectés reliés au Cloud avec brokers

Ces différentes catégories de connectivité offrent des avantages spécifiques en fonctions des besoins et des applications visées.

a. Vêtement intelligent connecté simple

Nous commençons par la première catégorie : vêtements intelligents connectés simples.
Nous avons choisi d'analyser dans cette catégorie le projet des maillots de bain connectés "Neviano"[628] lancé en 2015 par la startup alsacienne "Spinalli design". Il s'agit d'une collection de maillots de bain qui sont reliée simplement via Bluetooth à une application sur téléphone mobile.

[624] Hughes-Riley, Dias, Cork, " A historical review of the development of electronic textiles ".
[625] Audrey Loubens, " Les textiles connectés représentent l'avenir de la filière textile ", *Techniques de l'ingénieur*, 5 février 2015, https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/textiles-connectes-filiere-textile-11438/.
[626] Matthieu Combe, " La révolution des textiles intelligents ", *Techniques de l'ingénieur*, 28 février 2018, https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/revolution-textiles-intelligents-52542/.
[627] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 183.
[628] "Neviano", accessible sur le lien : https://spinali.boutique/FR/pages/neviano3, consulté le 15 février 2022.

Figure 35. Maillot de bain connecté "NEVIANO"
(Spinali design, 2015)
Source : https://www.spinali.design/

Le maillot de bain connecté est capable de prévenir son porteur des risques de coup de soleil lui évitant la surexposition aux rayons ultraviolets à l'origine de nombreux cancer de la peau. Le projet est conçu au départ pour une cible féminine et est décliné par la suite en version masculine. Chaque maillot de bain est connecté via Bluetooth à l'application téléphonique associée. C'est-à-dire que le téléphone sert d'interface de commande qui permet à son possesseur d'interagir avec le produit-service e-textile connecté. L'identification à l'application téléphonique est assurée par le biais d'une référence reliée au maillot de bain. A partir de celle-ci chaque porteur se voit assigné ses propres caractéristiques physique, cutané : type de peau, degré d'ensoleillement recommandé, couleur de peau, … Le maillot de bain se trouve alors imprégné des spécificités propres à son porteur. Il devient dès lors un objet non plus commun et utilisable par moult personne mais un objet personnalisé et qui pourrait presque être assimilé à un objet de suivi médical bien qu'il appartienne à une application de bien-être. La collecte de toutes ces données va servir de suite pour faire une analyse précise et spécifique pour chaque cas.

Quel est le mode de fonctionnement de ce maillot de bain ?

Pendant l'exposition au soleil, le capteur, sous forme de module, inséré dans le maillot de bain mesure les rayonnements ultraviolets. L'application téléphonique reliée calcule en fonction des données captées ainsi que des paramètres préalablement enregistrés dans le profil du porteur le taux UV et la durée de l'exposition afin de réagir de manière adaptée selon les différents cas. Dans le cas où le taux d'UV est élevé, l'utilisateur/trice et une tierce personne de son entourage ayant accès à la même application seront tous deux avertis simultanément à travers une notification sous forme d'un bip sonore envoyé directement sur leurs téléphones indiquant qu'il est préférable de se mettre à l'ombre ou de remettre la crème sur son corps.

Quelle sont les critères qui nous permettrait de qualifier ce projet d'intelligent ?

L'intelligence réside dans le fonctionnement de ce module externe fin et étanche conçu sous forme de broche qui peut être épinglé sur le maillot de bain et qui contient le capteur UV lié à l'application téléphonique. Cet élément technologique offre à son porteur une nouvelle dimension d'usage. L'étanchéité du capteur est aussi un point positif c'est ce qui permet à l'utilisateur de se baigner en toute sécurité sans crainte de corrompre la composante électronique. Le point fort de ce vêtement connecté est que l'utilisateur peut en bénéficier pleinement sans se soucier de son intégrité. Cela procure un certain confort dans l'usage qui est au bénéfice de l'utilisateur d'une part et un point fort pour le constructeur d'une autre part. Dans le cas de certains autres dispositifs qui assurent la même fonction mais qui ne sont pas étanche, l'exigence d'être attentif et d'enlever à chaque fois le dispositif avant de se baigner peut gêner l'usager. Donc les recherches innovantes pour rendre les modules étanches sont très efficaces dans la mesure où elles accroissent le bien-être des usagers. De plus, la batterie est à faible consommation d'énergie et peut durer longtemps puisque le maillot reste en veille et ne s'active que lorsqu'on le porte sur soi. Tous ces facteurs nous permettent de qualifier ce projet d'intelligent.

Figure 36. Module externe - Capteur UV

Quelle est la méthode d'intégration du module au maillot de bain ?

Les possibilités d'intégration sont variées comme nous l'avons mentionné dans la section deux de notre thèse. Or, dans cet exemple, la méthode choisie est proche de celle de la première génération. C'est celle où les composantes électroniques sont attachées à la surface du textile. Marie Spinali explique à ce sujet que : « *Technologiquement, il est encore impossible d'intégrer tous les éléments de connectivité directement dans le tissu, reconnait l'entreprise alsacienne. " On travaille avec le CEA pour miniaturiser ces pièces, et les intégrer au produit "* »[629]. Ces diverses recherches se font afin de miniaturiser les composantes électroniques et de les intégrer directement dans le textile et pourquoi pas dans le fil pour atteindre une meilleure discrétion.

Le maillot de bain connecté est équipé également d'une puce RFID qui permet d'assurer la traçabilité : *« " Équipé de capteurs, il intègre une puce RFID dont le but est d'avoir une traçabilité, d'identifier la référence du maillot de bain et de connaître les coordonnées de la couturière en charge du modèle. C'est une manière d'avoir un suivi de protection ", nous explique Romain Spinali, en charge du développement technique »*[630].

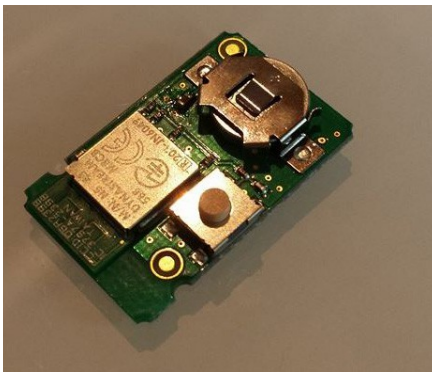


Figure 37. Puce RFID

Hormis l'innovation traduite dans la partie technologique, la startup ne néglige par la partie conceptuelle qui est très importante pour la notoriété du produit. Le coté design a également une place très importante dans la conception du projet de maillot de bain connecté proposé en différentes déclinaisons adaptables avec tous les goûts.

[629] Sylvain Arnulf, "Spinali Design fait chauffer internet avec son smart bikini anti-UV", *L'usine* Digitale, 8 juillet 2015, accessible sur le lien : https://www.usine-digitale.fr/article/spinali-design-fait-chauffer-internet-avec-son-smart-bikini-anti-uv.N340657, consulté le 03 Mai 2020.

[630] Marine Goy, "Maillots de bain connectés pour lutter contre les coups de soleil, Bronzer connecté", *Les Numériques*, 14 juin 2006, https://www.lesnumeriques.com/objet-connecte/spinali-design-maillots-bain-connectes-p26791/maillots-bain-connectes-pour-lutter-contre-coups-soleil-n42783.html, consulté le 03 Mai 2020.

Partie conceptuelle	Partie technologique
Esthétique, fonctionnel et ergonomique - Coupes différentes - Couleurs différents - Modèles différents - Formes sur mesure (s'adapte parfaitement à chaque morphologie) - Tailles sur mesure - Matériaux qualitatifs (lycra) qui permet un séchage rapide - Qualité de finition - Confort dans l'usage	Produit high Tech innovant : maillot de bain connecté - Prévenir contre les risques des coups de soleil et des rayons UV A travers : - Capteur UV lié via Bluetooth à une application téléphonique.

Pour résumer, il s'agit d'un système de transmission de données entre le vêtement et le téléphone via Bluetooth. La puce contient un algorithme programmé simple avec les données paramétrées par l'utilisatrice/eur. Le capteur UV est conçu sous forme de module externe qui peut être attaché ou pas au maillot pour mesurer le taux des rayons ultraviolet par rapport aux données définies au préalable sur l'application. La transmission des données et signaux collectés par le capteur sont transmis vers le téléphone qui les analyse par rapport aux données préprogrammées et envoie le signal pour informer l'utilisatrice/eur sous forme de notification.

Nous pouvons ainsi qualifier ce projet d'intelligent. Le maillot de bain intelligent se dote de nouvelles fonctions et fonctionnalités intelligentes dont l'essentiel est de surveiller l'exposition aux rayons UV. Il est capable de détecter et d'avertir lorsque le taux d'UV devient dangereux. Ce type de vêtement est ainsi capable de prendre soin de la personne qui le porte lui procurant une certaine forme de sécurité à long terme. Ce projet nous montre qu'associer la qualité du vêtement à la qualité du dispositif embarqué est possible ce qui

confère à cet ensemble des propriétés communes qui pourraient se résumer au bien-être et à la précaution du porteur.

Scénarii d'usage possible :

Action : Capter les données à travers un capteur qui mesure le taux d'UV.
Réaction : Envoyer les données captées pour analyse sur l'application téléphonique.

Interaction : Au cas où le taux d'UV dépasse le seuil recommandé dans le profil de l'utilisatrice, celle-ci reçoit un signal qui l'avertit de la nécessité de remettre de la crème solaire et de se mettre à l'ombre. Tout cela par le biais d'une notification de l'application sur le téléphone portable.

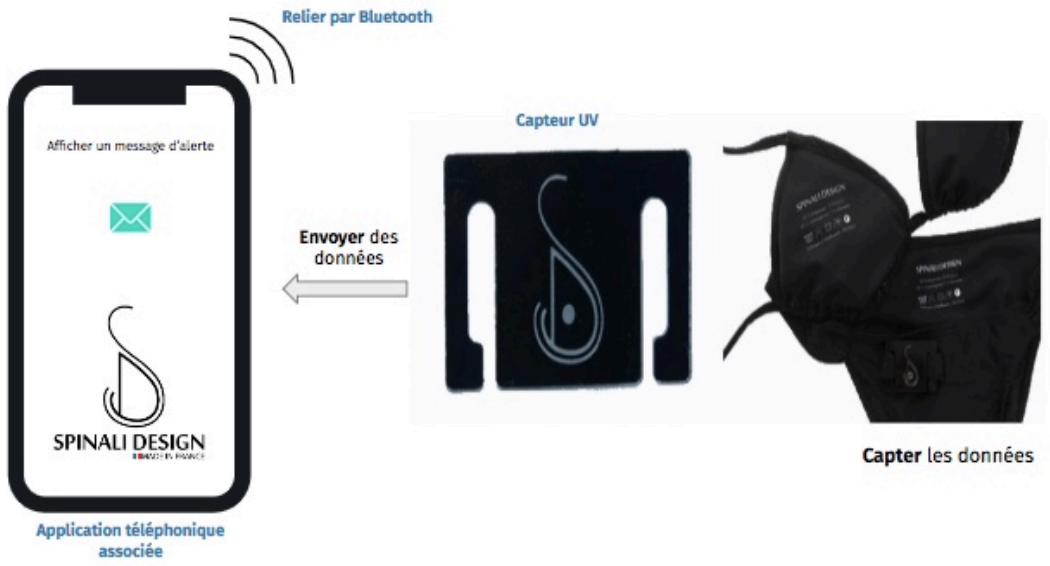


Schéma 11. Schéma du fonctionnement du maillot connecté "Neviano"

b. Vêtements intelligents connectés reliés à Internet

Actuellement nous allons passer à l'analyse d'un autre exemple qui appartient à la deuxième catégorie des vêtements intelligents connectés reliés à internet.

Nous tenons à signaler un point très important qui pourrait éviter une certaine confusion quant à la compréhension du sens de « vêtement intelligent connecté relié à internet ». En effet, tout profane lisant ce terme pourrait croire que c'est le vêtement qui est connecté à

internet. Or, ce n'est pas le cas. Ce n'est qu'à partir de l'ajout de certains composants électroniques ou modules tous reliés à un téléphone qui lui-même peut se connecter à internet que le vêtement se voit conférer ce qualificatif *de « vêtement intelligent connecté relié à internet ».*

Pour cela nous avons choisis le projet "Jeans connectés" [631] conçus par la même startup alsacienne "Spinalli design" en 2016. Ces exemples de vêtements intelligents permettent à leurs porteurs de bénéficier d'un service de guidage dans leurs trajets grâce à un système GPS. Cette fonctionnalité peut être utilisée sans avoir à manipuler directement au téléphone[632].

Figure 38. Jeans connectés
(Spinali design, 2016)
Source : https://www.spinali.design/

Ces vêtements intelligents connectés sont reliés via Bluetooth à l'application téléphonique associée de l'utilisateur. Après avoir renseigné son trajet sur l'application, le vêtement permet au porteur d'être orienté dans la bonne direction à travers un système de vibrations au niveau de la taille : à droite quand l'itinéraire indique qu'il faut tourner à droite et à gauche quand il est nécessaire de tourner à gauche. Le système vibre aussi dans le bon sens si l'utilisateur se

631 "Jeans", accessible sur le lien : https://spinali.boutique/FR/pages/jeans, consulté le 15 Février 2022.
632 "Une paire de jeans intelligents qui vous guide dans vos déplacements", *francoicharron.com : vivre branche. Savoir decrocher*, accessible sur le lien : https://francoischarron.com/gadgets-techno/cadeau-pour-vous/une-paire-de-jeans-intelligents-qui-vous-guide-dans-vos-deplacements/G5cnr7MNMY/, consulté le 15 Mai 2020.

trompe de direction pour le réorienter. En effet, ce sont d'autres éléments technologiques ajoutés aux vêtements qui vont se charger de diriger le porteur lui permettant d'avoir les mains libres. Nous constatons que l'itinéraire choisi est recherché via internet dans l'application. Selon chaque recherche des signaux de commande seront envoyés aux actionneurs qui sont les modules vibrants intégrés dans les deux côtés du jeans assurant l'orientation.

Le vêtement est un support pour les modules vibratoires situés sur le côté droit et gauche au niveau de la ceinture. Ces deux modules doivent impérativement être connectés à un téléphone portable via Bluetooth. Le vêtement quant à lui doit contenir les informations suivantes : point de départ et point d'arrivée. Il peut à partir de cela calculer l'itinéraire, ce qui ne peut se faire que si le téléphone est connecté à internet. Une fois cette boucle d'information fermée, l'interaction se fera directement via Bluetooth entre les deux modules et le téléphone.

Le téléphone localise le porteur grâce à une fonction de géolocalisation et transmet un nombre de signaux (position, direction) en fonction du trajet choisi par l'utilisateur vers le système de vibration inséré au vêtement. La transmission de données se traduit par des signaux vibratoires signalant la direction à suivre. Les différentes données se traduisent sous forme d'actions. Le dispositif contracte le qualificatif d'intelligent du fait même qu'un dialogue s'établit entre lui et l'humain. Il prend ainsi le relais sur une part de sa mémoire voire même de son intelligence se l'accaparant le temps de son utilisation.

En fait, quels sont les mécanismes auxquels nous avons recours lors de nos déplacements ?

Lorsque nous décidons de faire un trajet d'un point A à un point B, nous nous aidons toujours d'images mentales faites de notre expérience lorsque nous déambulons dans les rues et ruelles de la ville. Nous faisons attentions aux noms des rues, aux lieux stratégiques (pharmacie, école, municipalité, poste de police, banque, …). Et c'est à partir de ces différents repères que nous allons identifier nos itinéraires. Notre sens de l'orientation est tributaire des lieux stratégiques. D'ailleurs, si quelqu'un nous demande la route, nous avons généralement recours à ces derniers, et nous avons toujours recours également à ces fameuses phrases du quotidien (après tel lieu tu tournes à droite, en arrivant au rond-point tu tournes à droite, tu continues tout droit, …). Tout ceci montre l'importance du regard, de la mémoire

visuelle, du sens de l'observation qui entrent en jeu pour nous permettre de nous déplacer. Or, tous ces efforts sont condamnés grâce à l'utilisation d'un module intelligent et d'un téléphone portable. C'est l'intelligence humaine qui prend le relais sur l'intelligence humaine. Car sans intelligence humaine et sans le désir de créer de nouveaux dispositifs technologiques nous n'aurons jamais pu parvenir à suppléer une petite partie aussi minime soit-elle de l'intelligence humaine. Nous nous retenons ici de faire aucune critique sur les répercussions de ces dispositifs intelligents sur notre humanité.

Il n'en reste pas moins que ces vêtements intelligents allègent notre quotidien. Qu'ils nous confèrent un certain bien-être et un confort d'utilisation et d'application. Les écueils journaliers que subissent ces vêtements sont pris en considération. Le lavage, le repassage, les différentes contraintes du quotidien sont prises en compte et elles sont contrecarrées pour une utilisation optimale du produit. Le problème lié à l'alimentation, lui aussi se retrouve étudié et optimisé. Il n'y a pas de problème par rapport au lavage car le capteur est étanche.
La batterie utilisée consomme peu d'énergie et peut durer longtemps puisque le vêtement reste en veille et ne s'active que lorsqu'on le porte sur soi. Donc pour résumer, le vêtement connecté s'allume dès qu'on le porte.

Scénarii d'usages possibles

Le système est en veille et s'allume dès qu'on porte le vêtement.

Le vêtement se connecte via Bluetooth au téléphone associé.

Le téléphone localise la position du vêtement à travers un module GPS.

L''utilisateur choisi son itinéraire sur l'application téléphonique et démarre l'assistance de guide de trajet connecté à internet. Le téléphone synchronise les données GPS via internet.

Le signal se transmet et se traduit à travers un système de vibration dans les deux capteurs vibrants insérés au niveau de la ceinture.

Cas n°1 : Signal 1 (tourner à droite) → action 1 (vibration à droite)

Cas n°2 : Signal 2 (tourner à gauche) → action 2 (vibration à gauche)

Cas n°3 : Signal 3 (direction fausse) → action 3 (vibration dans la bonne direction)

Cas n°4 : Signal 4 (continuer tout droit) → action 4 (aucune vibration)

Schéma 12. Schéma de Fonctionnement des jeans connectés

Mise à part la partie technologique, la partie conceptuelle est importante pour la création de mode et textile. L'innovation réside dans le fonctionnement intelligent du vêtement électronique connecté. Le tissu en jeans est un élément passif, il peut être de n'importe quel autre matériau textile ordinaire.

Partie conceptuelle	Partie technologique
Produit Esthétique, fonctionnel et ergonomique - Articles différents (jupes, short, veste, pantalon, chemise) - Styles différents - Modèles différents - Formes sur mesure (s'adapte	Produit high Tech innovant : Jeans connecté - Orienter les trajets - Libérer les mains et éviter de consulter son téléphone Composants : - Deux capteurs vibrants de géo localisation (GPS) au niveau de la ceinture liée via Bluetooth à une

parfaitement à chaque morphologie) - Tailles sur mesure - Matériaux qualitatifs (jeans) - Qualité de finition - A la mode - Confort dans l'usage	application téléphonique - Application téléphonique sur mesure : (localise l'utilisateur et l'oriente à travers l'itinéraire choisi) - Batterie à faible consommation d'énergie.

Mis à part le coté fonctionnel, la firme a varié les modèles pour cibler le maximum de d'utilisateur-cible. Le choix a été porté sur le Jean car c'est le tissu qui répond le mieux au goût de tous. Dans ce projet le confort est procuré dans deux sens. Le fait de choisir le Jean comme étant un matériau qui permet de concevoir un vêtement pratique d'une part et le fait d'être guidé et orienté dans ses itinéraires sans avoir recours à son téléphone portable ni à une tierce personne d'autre part procure lui aussi un confort dans l'usage.

c. Vêtement intelligents connectés reliés au Cloud

Le dernier exemple par lequel nous allons terminer cette partie est inscrit dans la troisième catégorie : vêtement intelligents connectés reliés au Cloud avec brokers[633]. Nous avons choisi d'analyser le projet : Sous-vêtement connectés[634] conçu par la jeune entreprise Parisienne d'intelligence artificielle Chronolife spécialisée dans la santé digitale en collaboration avec la société textile Mulliez-Flory. Ce vêtement connecté joue le rôle d'un dispositif médical. Il est capable de capter et de collecter continuellement les données de six paramètres physiologiques de personnes atteintes de pathologies chroniques. Ceci se fait à l'aide de dix capteurs intégrés au tissu. Une application associée au Cloud Médical est, elle, apte à analyser et à envoyer une alerte en temps réel au médecin en cas de danger.

[633] Brockers : Un Cloud Broker fait office d'intermédiaire entre le fournisseur Cloud et son client, et peuvent proposer des interfaces permettant de gérer facilement des services Cloud en provenance de plusieurs fournisseurs différents. Plutôt que de s'adresser directement à un fournisseur de services Cloud, une entreprise qui souhaite utiliser de tels services peut s'adresser à un Cloud Broker. Définition tirée du site : https://www.lebigdata.fr/cloud-broker-definition-top.

[634] Arthur Ledenn, " La start-up Chronolife lance un t-shirt connecté pour mesurer six facteurs physiologiques en continu ", *L'usine Digitale,* 27 Novembre 2019, accessible sur le lien : https://www.usine-digitale.fr/article/la-start-up-chronolife-lance-un-t-shirt-connecte-pour-mesurer-six-facteurs-physiologiques-en-continu.N907929, consulté le 10 Septembre 2022.

Figure 39. Sous-vêtement connecté " Chronolife "
(Chronolife, 2019)

Les données sont par la suite stockées dans un Cloud accessible au médecin à n'importe quel moment. Le médecin traitant est en mesure d'identifier les données critiques à travers les fluctuations des signes vitaux enregistrés. Si ceux-ci atteignent un seuil critique le médecin est averti et peut intervenir rapidement. Ces données vont l'aider à diagnostiquer précisément et rapidement son patient afin de lui souscrire un traitement approprié et personnalisé.

Il est important de signaler tout comme l'a fait le docteur Marc Salomon, spécialiste des maladies cardio-vasculaires et de la médecine préventive, que : « *70% des infarctus ont été devancés par des douleurs dans les heures ou les jours précédents […]. La même proportion de personnes hospitalisée pour une décompensation cardiaque fera une rechute dans les 3 mois* »[635]. Ces douleurs détectées par le t-shirt intelligent et envoyées au médecin traitant, en temps réel, aident à avoir une attitude préventive et à devancer le mal avant qu'il ne survienne. D'où l'intérêt de la nouvelle pratique de la télémédecine et de ce genre de technologie intégrée aux t-shirts intelligents et autres vêtements en général.

Reste à savoir comment cela est possible.

Guillaume Chenegros directeur scientifique et technique et cofondateur de la société Chronolife explique à ce propos que : *« Grâce à un algorithme capable de réaliser la fusion des données en temps réel et de détecter les changements de l'état de santé du patient,*

[635] Le Figaro, " Un T-shirt intelligent pour surveiller sa santé ", *Le Particulier*, 31 Janvier 2020, https://leparticulier.lefigaro.fr/article/un-t-shirt-intelligent-pour-surveiller-sa-sante, Consulté le 17 Juin 2020.

l'application (sic) couplée au t-shirt pourra générer un message d'alerte » [...]. Ce message sera envoyé à une plateforme de télémédecine. Celle-ci étudiera les paramètres et validera l'alerte, avant de la transmettre au médecin ou de rassurer le patient s'il n'y a rien de sérieux. »[636] .

Les applications prises en compte par ce type de vêtements ne peuvent être considérées que comme étant d'une utilisation médicale. Elle réconforte le patient au quotidien. Celui-ci se connaissant toujours sous contrôle médical peut vaquer librement à ses occupations journalières. Il n'est plus sous la coupe du stress des questions se reliant à son état de santé. Ce genre de vêtement lui apporte, en plus du contrôle médical à distance, un réconfort psychologique.

Scénarii d'usage possible

Le vêtement se connecte via Bluetooth à l'application téléphonique associée.

Les capteurs insérés dans le vêtement mesurent en continu les paramètres physiologiques du patient qui le porte.

En cas de détection de signes d'alerte, le vêtement envoie les données en temps réel à une plateforme de télémédecine.

La plateforme reliée au cloud est capable d'analyser les données recueillies à travers un algorithme et de valider ou non le message d'alerte reçu.

En cas de danger une notification d'alerte est transférée via l'application téléphonique associée au médecin en charge. En cas de fausse alerte un message est envoyé pour rassurer le patient.

Nous avons schématisé ces différentes étapes ci-dessous :

[636] Le Figaro, " Un T-shirt intelligent pour surveiller sa santé ", *Le Particulier*, 31 Janvier 2020.

Schéma 13. Schéma du fonctionnement du sous-vêtement connecté "Chronolife"

Ce projet assure un très haut niveau d'intelligence grâce à son autonomie à s'adapter aux différentes conditions. Grace à l'intelligence artificielle qui définit l'algorithme associé, le vêtement est capable de fonctionner de manière autonome et de prendre tout seul des décisions. C'est-à-dire qu'il parvient à interagir en fonction des différentes situations auxquelles il se trouve confronté.

Mis à part la partie technologique, la partie conceptuelle est importante pour la création mode et textile. L'innovation réside dans le fonctionnement très intelligent du vêtement électronique connecté. Le tee-shirt n'a rien d'exceptionnel du point de vue conceptuel : Il se résume à être un simple body ordinaire. Or, même si la forme reste la plus commun, il n'en reste pas moins que des recherches sur l'ergonomie ont été effectuées pour plus de confort lors de l'usage. Une autre étude est certainement venue ajouter plus de confort au porteur car avoir sur soi un attirail technologique ne doit en aucun cas venir empiéter sur la légèreté ou faire ressentir à l'usager qu'il porte sur lui un quelconque objet volumineux ou « étranger ». Et tout comme l'a prédit Mark Weiser, ce vêtement permet à cette technologie d'octroyer à son porteur l'ubiquité nécessaire pour lui permettre de vivre plus confortablement. Il n'est plus dans l'obligation de se déplacer pour suivre ses signes vitaux car il porte sur lui

l'appareillage nécessaire. Il n'a plus besoin de se retrouver relier à plusieurs appareils en même temps avec tous les fils qui contraignent ses mouvements. Il n'a plus besoin de fixer de rendez-vous avec un médecin ou de devoir être alité pour faire un suivi de santé avec tout ce que ceci a de déplaisant socialement et psychologiquement.

Le t-shirt intelligent vient court-circuiter toutes ces difficultés et augmente le bien-être du patient. Ce sont ici trois « spécialités » qui se retrouvent pour concourir à la prospérité de l'utilisateur. La mode, la couture et la haute technologie à but médical.

Partie conceptuelle	Partie technologique
Produit Esthétique, fonctionnel et ergonomique - Vêtement en une seule pièce - Formes sur mesure (s'adapte parfaitement à chaque morphologie) - Tailles sur mesure - Matériaux qualitatifs - Qualité de finition - Confort dans l'usage	Produit high Tech innovant : sous-vêtement connecté <u>autonome</u> - Mesurer continuellement les paramètres physiologiques - Avertir le médecin en temps réel lorsqu'il y a fluctuations dans les signes vitaux du patient. - Libérer la charge du personnel de santé vis-à-vis des patients qui nécessitent un suivi à long terme. - Accompagner le patient. Composants : - Un vêtement qui comporte six capteurs qui mesurent en continu les paramètres vitaux du patient (lié via Bluetooth à l'application téléphonique associée). - Application sur mesure qui permet

	de collecter et d'envoyer les données en temps réel. - Serveur d'hébergement des données médicaux - Interface Web pour un accès sécurisé aux données. (Cloud)

Une remarque importante est à faire concernant cet exemple. Les éléments technologiques employés pour mesurer les signes vitaux du porteur / patient sont intégrés dans la structure même du tissu. Il s'agit d'un haut niveau d'intégration qui dépasse celui de l'exemple du maillot de bain cité plus haut. Dans celui-ci le module électronique vient se clipser au maillot. Il constitue un ajout à celui-ci. Ce sont deux éléments associés l'un à l'autre pour aboutir à un vêtement intelligent. L'exemple du t-shirt télé médical en est tout le contraire. Dispositif électronique et vêtement sont indissociables l'un de l'autre. Ce vêtement intelligent est homogène.

Nous tenons à signaler que les exemples cités dans la partie précédente montrent que l'évolution du textile intelligent ne se limite pas et ne peut se restreindre à la simple solution d'ajouter un élément électronique au tissu. Ceci serait trop réducteur. Il faut partir du fait que l'utilité de cette association doit être le but de la création du vêtement intelligent : le maillot a pour but de suivre le taux d'exposition aux rayons UV. Ceci est l'idée de base. Comment parvenir à la concrétiser ? Il faut associer l'idée de la mesure au vêtement adéquat pour aboutir à la création d'une solution où l'harmonie entre électronique et tissu se fait ressentir dans leur utilité une fois qu'ils sont réunis dans le même produit. Pourquoi ne pas avoir pris une paire de lunette comme support à cette innovation ? Le fait est que cette paire de lunettes peut être enlevée et que les mesures ne pourront plus être faites. Or, ce qui est le support le plus adéquat à cette fonction reste le tissu puisqu'il est celui qu'on garde sur soi dans ce cas. Cette remarque s'applique au jeans connecté, tout comme elle s'applique t-shirt télé médical. Bien qu'une nuance puisse s'appliquer au dernier exemple puisque quelques autres solutions ont prouvé leur efficacité. Nous pouvons citer aussi celle des bracelets connectés.

Le fait de rendre le matériau électronique concomitant à la peau et ainsi plus proche du corps a fait émerger l'idée qui va faire élire le tissu comme meilleur support à l'intelligence artificielle. En contrepartie cette addition va créer la plus-value du tissu, le transformant et lui octroyant une autre dimension plus noble. L'osmose et la synergie entre les deux éléments se trouve être tout au bénéfice de l'utilisateur. En effet, cette idée se trouve être le porte-étendard de la start-up Spinali design qui sur sa page officielle rompt les frontières entre les deux univers dans un message des plus aguicheur : *« L'alliance de la technologie et du textile vous donne accès à des fonctionnalités et des usages nouveaux pour vous, votre sécurité et votre plus grand plaisir »*[637].

Dans tout type de vêtement le côté esthétique c'est ce qui attire en premier le regard. Dans le cas du vêtement intelligent connecté, le matériau électronique, quelle que soit son avancée par rapport au temps, doit toujours être associé à un support esthétique pour garantir sa commercialisation. Donc pour séduire nous devons pouvoir parvenir à trouver un équilibre entre l'aspect esthétique et la fonction intelligente. Ainsi aucun des deux secteurs que ce soit celui de la mode ou de la technologie ne peut entrer en concurrence avec l'autre. Car tout l'intérêt est toute l'innovation de ces nouvelles créations intelligentes résident essentiellement dans leur complémentarité. Les nouvelles potentialités technologiques ont découlé sans aucun doute des différentes découvertes dans ce secteur d'activité. Ces possibilités vont nous permettre d'accéder à un certain confort qui va consolider notre bien-être. Faire collaborer le secteur de la mode et du textile à celui de la technologie accroit les opportunités d'innover et de fructifier la qualité du service intelligent proposé : la fonctionnalité intelligente du produit e-textile, le scénario d'usage associé et l'expérience utilisateur proposé. Dans les exemples cités la matière textile devient en quelque sorte vivante puisqu'elle acquiert la capacité d'interagir, d'avertir, de guider, d'aider. C'est une interaction entre le vêtement, son porteur, l'environnement qui l'entoure à travers une application téléphonique appropriée pour chaque type de projet permettant à chaque fois d'offrir une nouvelle expérience dans l'usage des vêtements technologiques.

Aujourd'hui le vêtement utilise le téléphone portable comme interface de communication. Dorénavant, le recours à l'interface téléphonique ne sera plus nécessaire ou limité dans son usage puisque dépassée. Un nouveau genre d'interface ne dépendant plus de l'usage du

[637] https://www.spinali-design.fr

téléphone portable sera abordé dans certaines approches futures. Celles-ci estiment que l'interface du téléphone mobile sera entièrement intégrée dans les textiles, tout comme les systèmes électroniques[638]. Ce genre de vêtement aura la possibilité de commander par exemple son téléphone portable à distance en tapotant seulement sur l'interface électronique invisiblement intégrée dans la partie textile désignée et choisie (manche par exemple). C'est le cas de la veste "Polo Tech" lancée en 2015 par "Ralph Lauren" et la veste "Jacquard" lancée par l'association entre Google et Levis. Ces exemples vont être examinés dans le deuxième chapitre. A l'avenir les initiatives de recherches seront d'intégrer entièrement le téléphone portable dans le vêtement. Bruno Mouguin, responsable de projets du pôle de compétitivité Techtera signale que : *« L'avenir du vêtement est d'être l'interface entre la personne et l'environnement et le monde qui l'entoure. Ce sera l'interface entre son porteur et des autres objets connectés, le web, le cloud, sa maison et même son avatar sur le web »*[639]. Le vêtement deviendra ainsi une interface entre le monde réel et le monde numérique dans l'alternative de remplacer et d'étendre l'usage des téléphone portables et des smartphones classiques[640].

[638] Hughes-Riley and al., " Historical Review of the Development of Electronic Textiles ", *Fibers*, vol. 6 (2018).
[639] Combe, « La révolution des textiles intelligents », *Techniques de l'ingénieur*.
[640] Fernández-Caramés and Fraga-Lamas, " Towards the Internet of Smart Clothing: A Review on IoT Wearables and Garments for Creating Intelligent Connected E-Textiles ", *Electronics* 7 n°12 (2018).

Inter Conclusion

Comme nous avons pu le constater à travers ce chapitre, le domaine de la technologie portable connectée a connu une croissance exceptionnelle au cours des dix dernières années alimentées par l'augmentation significative, de la commercialisation et de l'utilisation des appareils et dispositifs mobiles et de l'expansion de l'internet des objets. Depuis son apparition, ce domaine n'a cessé de connaître une remarquable multiplication d'innovations et d'inventions qui sont en rapport avec le corps et la peau. Ils se sont concrétisés sous différentes déclinaisons et formes d'appareils technologiques portables tels que : Smart Watch, lunettes, GoPro, drone, visiocasques, AirPods, casques Bluetooth, bracelet connecté, vêtements intelligents, chaussures intelligentes, etc. Cela est constatable à partir des résultats relevés lors de notre étude de marché analysée plus haut. La croissance fulgurante du nombre d'objets dits connectés par rapport au nombre d'habitants sur Terre reflète également cette tendance. Nous sommes plus enclins à posséder une multitude d'objets électroniques intelligents. Cela est un fait incontestable. Parvenir à réunir toutes les « utilités » de ces objets sur un seul support semble être une idée qui allèchera plus d'un consommateur.

Prendre en considération l'importance du contexte de l'évolution des IoT, des technologies mobiles, des objets portés (wearables) connectés ne peut que nous intéresser car il nous permet de démontrer en amont la relation d'échange entre les technologies, le textile et le vestimentaire afin d'explorer de plus près les différents fonctionnements - utilisations – relations – interactions – interconnexions envisageables dans ce domaine.

Depuis son apparition le numérique a transformé la société et continue à changer les usages et les utilisations à travers une nouvelle génération d'objets technologiques connectés qui ont envahi notre quotidien. Nous assistons à notre époque à une forme de digitalisation de l'environnement dans lequel nous vivons. Ce qui a donné lieu à l'apparition de nouveaux modes de vie ayant comme impact des changements opérés sur le comportement du consommateur. Une culture du numérique s'instaure et donne lieu en conséquence à des outils et des méthodes de créations innovantes dans le domaine du textile et du vestimentaire. De nouveaux paradigmes d'interaction homme/machine émergent à travers le développement de dispositifs textiles numériques avec ou sans écrans qui favorisent l'échange avec leur porteur. Les nouveaux modes de vie jouent un rôle important dans la détermination du comportement vestimentaire du consommateur actuel. La relation de dépendance accrue aux

objets connectés encourage celui-ci à préférer le sentir au plus proche de soi que de devoir s'en détacher. Cette relation presque ombilicale annonce plusieurs phénomènes à l'origine de nouveaux changements sociaux.

Le textile électronique est une solution naissante pour ces attentes. Il est considéré comme étant le résultat d'une interaction fructueuse et innovante entre les sciences, les technologies et le design. Cependant, les textiles intelligents sont la catégorie globale qui inclue les textiles électroniques comme type de textile intelligent impliquant la haute technologie électronique. Certaines propriétés telles que la portabilité, la mobilité, la connectivité en accès sans fil ont permis de parvenir au résultat appelé : e-textiles connectés. C'est de cette association que le tissu se trouve optimisé lui permettant d'acquérir la possibilité d'accéder à plusieurs nouvelles fonctions et fonctionnalités outres celles de base qui est d'habiller et de protéger. Parmi ces fonctionnalités nous pouvons citer : la facilité d'usage, la multifonctionnalité, l'interactivité, l'ergonomie, l'autonomie, la légèreté, le confort et l'esthétique du produit et de son interface Ainsi, ils ouvrent de nouveaux horizons aux différents créateurs pour imaginer des applications inédites.

Cela nous amène à comprendre que le textile n'est qu'un support pour ces technologies permettant de le rendre intelligent voire même très intelligent. Un moyen de mettre les e-textiles intelligents en interaction avec l'environnement, avec le corps du porteur, avec ses objets connectés lui offrant et lui procurant une nouvelle dimension et expérience d'usage grâce à leur capacité intelligente**.** Celle-ci constitue le principal levier créatif des textiles électroniques connectés. A ce propos Michel Scotton *affirme que :* « *L'enjeu est de cesser de considérer le vêtement comme un assemblage de matières textiles inertes pour offrir au consommateur des produits porteurs de services du fait des innovations technologiques qui transforment les matières textiles en éléments actifs sur le corps et interactifs avec le milieu environnant* »[641]. C'est-à-dire que le degré d'intelligence se mesure à travers la réponse du vêtement et sa capacité à répondre et à interagir selon les conditions auquel il est soumis. Nous pouvons donc affirmer que les e-textiles de cette catégorie sont des textiles interactifs. Le vêtement électronique est alors qualifié d' « intelligent » pour plusieurs raisons. Parmi lesquelles sa capacité à détecter et à communiquer avec le porteur et avec l'environnement qui pourrait être une tierce personne. Il peut, par exemple, détecter une défaillance à partir de

[641] Michel Sotton, " Quels textiles pour nos vêtements de demain ?," Canal-U, [Vidéo], 2000.

certaines données qui lui sont transmises d'amblée. Une fois que le tissu détecte une altération des données anormales à celles prédéfinies, il en alerte un opérateur se trouvant hors du champ du porteur.

Comme nous l'avons déjà mentionné, depuis le 20ème siècle, les textiles électroniques incluent des programmes informatiques qui sont capables d'exécuter toutes fonctions intelligentes. La notion d'intelligence joue alors un rôle majeur dans la création de nouvelles relations entre le vêtement et le porteur et entre le vêtement et l'environnement. Une fonction de communication autonome s'établit à travers le stockage et l'échange de donnée de manière automatique. Aujourd'hui, les industriels misent sur le concept de l'intelligence, de l'interactivité et de la connectivité afin de développer une large gamme de services e-textiles attractifs. Par conséquent, l'intelligence du substrat vestimentaire semble être un créneau de recherche innovant afin de parvenir à atteindre un mieux-être aboutissant à un bien-être. Cette intention est défendable en raison d'une capacité à assurer un maximum de confort et une sensation de satisfaction accrue en facilitant la vie de tous de diverses manières.

L'évolution des textiles et des vêtements électroniques intelligents va nous aider à fournir une idée plus réaliste de la direction vers laquelle le domaine se dirige à l'avenir. Mais aussi des opportunités et des potentiels qui doivent être abordés et retravaillés afin de promouvoir le champ du design vestimentaire intelligent vers de nouveaux champs d'applications encore inexplorés : *« La prochaine génération de textiles intelligents inclura un système autonome de génération d'énergie, dérivé du rayonnement solaire, du mouvement voire des fluctuations de température. Ils sentiront notre présence, contrôleront notre santé et s'adapteront à nos besoins individuels »*[642]. Ces différents enjeux seront étudiés dans la partie suivante.

C'est pourquoi nous allons dans le chapitre qui suit réfléchir et montrer le lien qui s'établit dorénavant entre le porteur et son « habit ». Cette relation sera étudiée et analysée afin que le lien entre tissu intelligent et corps soit plus clair et ceci à travers l'analyses de différents types de projets issus de différents domaines d'application et de différentes approches de conception (approches d'industriels et approche de designers et d'artistes). Chaque projet aura la même base structurelle mais pour une finalité d'application qui cible un domaine précis. C'est ainsi que nous parviendrons à montrer les multiples intentions d'usages derrière les projets conçus. Différentes collaborations peuvent s'établir entre une multitude d'acteurs

[642] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 176.

dans ce domaine d'activité. Tous convergeront vers la création d'un produit fini pouvant octroyer à son porteur une nouvelle expérience d'usage relationnelle.

Nous nous focaliserons donc dans le chapitre qui suit à éclaircir cette notion d'expérience d'usage mais surtout à montrer comment l'habit peut "tisser", à partir de son évolution, une sorte de relation intelligente entre lui et son porteur.

Chapitre 2 : Interfaces de synthèses relationnelles

Aujourd'hui, les textiles et vêtements électroniques intelligents deviennent de plus en plus matures du fait que ce domaine commence à tirer les leçons de ses échecs mais également de ses réussites. Il acquiert donc sa maturité de sa propre expérience et de son exploitation dès lors que le produit initial ne peut être totalement satisfaisant et que des quelques lacunes relevées le produit e-textile subit plusieurs modifications afin d'atteindre un degré de perfectionnement plus élevé. Certains produits e-textiles aux fonctionnalités basiques ou mêmes avancées sont déjà sur le marché, étant donné que la commercialisation est en voie de développement et en cours de progression : « *Cela fait environ vingt ans que des textiles incorporant de l'électronique existent. Or ce n'est pas pour rien que très peu de ces e-textiles sont actuellement sur le marché, analyse l'expert sabine Gimpel, directrice du marketing à l'institut pour les textiles spéciaux, à Greiz (Allemagne)* »[643]. La notoriété de ce nouveau champ d'application se consolide petit à petit suivant le rythme de ces différents concepteurs.

Le marché des textiles intelligents augmente peu à peu en raison du nombre croissant de recherches et de développements : concepts, prototypes, démonstrations, …[644]. A partir de ce moment, l'idée de combiner les domaines s'est avérée être plus un enrichissement que son contraire. La multitude d'acteurs entrant en jeu dans le mode créatif d'un vêtement intelligent se multiplie vu sa singularité et ses différentes spécificités. L'éventail des domaines entrant en jeu est assez large. Ce sujet suscite un grand intérêt pour les différents acteurs de la filière textile. Parmi eux nous citons, les laboratoires de recherche[645], les entreprises[646] , les start-ups[647] , les évènements et les salons professionnels[648] qui sont des lieux de rencontre entre

[643] Olivier Dessibourg, " Des textiles collecteurs d'énergie pour des vêtements connectés ", *Le* temps, 15 avril 2017, https://www.letemps.ch/sciences/textiles-collecteurs-denergie-vetements-connectes?fbclid=IwAR2gcBR5-Q_nm-v_yHacGxPnojC9MR3EJpJjNtT6nn_9Zs9kQ8Y3NE9xxdE, Consulté le 28 Avril 2020.
[644] Stoppa and Chiolerio, "Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review", *Sensors 14,* 2014.
[645] Tels que : CETI (Le Centre Européen des Textiles Innovants (CETI) propose un panel de solutions d'innovation adaptées à toutes les entreprises de la filière étendue Textile, Mode, Luxe et Distribution (l'empreinte environnementale, les smart technologies, la transformation digitale, le bien-vivre et les écosystèmes de valeurs) - le centre européen des textiles innovants, GEMTEX à l'école d'ingénieurs textile de Roubaix ENSAIT, Fab Lab BCN, Uptex et Techtera pôles de compétitivité dédiés au textile (Les pôles de compétitivité ont pour objectif de dynamiser l'innovation et de renforcer l'industrie en associant des entreprises d'horizons différents et notamment des industriels du textile classique (mode-habillement), du textile technique et des entreprises maîtrisant les nouvelles technologies).
[646] Tels que Butler technologie (Leader dans le marché technologique spécialisé dans la conception et fabrication d'interface utilisateur et d'électronique imprimé), Cute circuit, Sensoria, Hexoskin (care technologie Inc, AiQ Smart Clothing Inc., Textronics Inc., Zackees wearable Electronics, clothing +, Lumo Bodytech Inc, etc.
[647] Tels que Spinalli design, Citizen Sciences, BioSerenity, etc.
[648] Tels que : Les FashionTech weeks Paris et Lyon, Avantex Paris, Salon Première Vision MessFrankfurt, Consummer Electronic Show (CES), Fashion Tech Days, etc.

plusieurs intermédiaires mêlant le monde de la recherche scientifique et le monde industriel. Ces salons internationaux, foires et conférences permettent de diffuser l'information, d'exposer les dernières créations, de discuter et d'échanger entre les différents intervenants et invités à propos des dernières innovations. Ces différentes occasions sont surtout un lieu d'enrichissement car ils sont l'occasion d'interactions et de conseils parmi les acteurs de la filière : *« L'intérêt de cet événement est notamment de mobiliser les acteurs des filières afin de les inspirer et de susciter chez eux des réflexions liées à l'innovation »*[649].

Le contexte actuel nous semble propice à l'étude des différents projets présents sur le marché et qui peuvent être exposés lors de différents évènements ou salons. Les études, les recherches scientifiques et universitaires ainsi que les applications commerciales et les projets de différents créateurs sont un terreau propice à notre prospection. Il s'agit de montrer les différentes approches des multiples acteurs à travers l'étude de certains projets variés. Ceci montre également l'intérêt que porte les analyses académique et scientifique à cette industrie, jeune certes, mais qui commence à conquérir ses lettres de noblesse s'accaparant sa part de marché grâce à ses réussites. Les études effectuées par ces derniers sur ce phénomène qu'est le e-textile ne peut qu'être une preuve de l'engouement de la société envers ce produit. Les publications universitaires reflètent également cette tendance.

Nous avons choisi d'étudier dans ce chapitre la différence entre les projets à vocation commerciale et les projets à vocation conceptuelle ou artistique en analysant des projets conçus par des industriels, des Start up et d'autres imaginés par des créateurs et des designers. De là, nous allons essayer de clarifier la différence entre les approches conceptuelles. L'ingénierie, l'artiste, le créateur de mode, le designer textile, … tous n'auront pas la même approche créatrice par rapport au produit e-textile, mais chacun viendra ajouter à l'un ou l'autre des intervenants sa propre vision pour qu'au final la réalisation soit le fruit d'une réelle collaboration entre domaines à première vue non complémentaires mais qui le sont grâce à cette association. Le secteur connait ainsi une forte concurrence interne en diversifiant les services et en établissant différents partenariats et collaborations. Parmi les principaux acteurs du marché[650] nous pouvons citer : " Athos, Catapult Sport Pty Ltd, Heddoko Inc., Hexoskin, Lumo Bodytech Inc., Ralph Lauren, OmSignal, Sensoria Inc., etc. "

[649] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 80.
[650] " Smart Clothing Market Size By Product ", *Global Market* Insights, 2017, accessible sur le lien : https://www.gminsights.com/industry-analysis/smart-clothing-market, consulté le 11 Mars 2020.

Dans ce chapitre, nous allons recenser une partie des projets différents les uns des autres (projets exploratoires, prospectifs ou projets finalisés et commercialisés) qui semblent intéressants à analyser et à diagnostiquer. Ces projets ont pour point commun : les textiles intelligents. Or, l'approche de création se base sur une divergence du regard et sur un angle de perception différent du projet finalisé. Nous nous expliquons : Un designer se concentrera sur une problématique d'ordre sociétal par contre un artiste tablera plus sur le côté esthétique. Tout à l'opposer, un industriel ne se souciera que de la commercialisation du produit. C'est cette différence qui fera la richesse de notre étude et alimentera la réflexion sur la manière dont le vêtement se verra doter de nouvelles fonctions et fonctionnalités. Nous allons ainsi étudier les intentions et les motivations des différents acteurs et créateurs des textiles et des vêtements électroniques intelligents à travers une analyse en premier lieu de projets industriels et en deuxième lieu de projets de créateurs.

Sur la base de la présentation des outils d'analyse, un examen de chaque type de ces vêtements intelligents, cas par cas, est établi en présentant les interprétations possibles à prendre en considération dans les corpus de recherche. Ce travail nous permet d'avoir un regard critique sur chaque projet proposé. Cette analyse va nous aider à synthétiser l'idée que ces projets proposent pour aboutir à différentes imbrications relationnelles. Cela nous a aidés à faire un classement par catégories :

- Le vêtement connecté et communication interpersonnelle : échanger à travers le vêtement et communiquer avec autrui ;
- Le vêtement intelligent capable de s'adapter au corps : évoluer en fonction des mouvements et des paramètres de la personne qui le porte.
- Le vêtement comme objet d'apparat avec des ajouts de fonctionnalités numériques : communiquer à travers les messages affichés sur le vêtement.

Les trois catégories suscitées sont le résultat d'un classement qui nous permettra de mieux ordonner les différents types auxquels pourraient appartenir tel ou tel vêtement intelligent.

Nous avons essayé alors de penser un modèle référentiel de cette approche mutationnelle et évolutive avec quelques constatations et résultats à travers l'élaboration d'une ébauche de projet personnel de vêtement intelligent qui porte une interface de synthèse relationnelle.

Reste, par souci de clarté, qu'il nous faut expliquer ce que nous entendons par synthèse relationnelle ? Cette formule de synthèse relationnelle soutient l'idée que le vêtement devient une sorte d'élément interfacique qui permet de résoudre des problèmes de transaction et d'échange et qui crée un certain nombre de facilité dans les interactions.

Dans ce chapitre, et afin de bien saisir les enjeux créatifs du textile et vêtement électronique intelligent, notre intention sera de mettre en évidence le rôle des différents acteurs (créateurs, designer, artiste, chercheur, industriel, …) dans le domaine vestimentaire intelligent à travers le design, comme paramètre de création, de signification et comme secteur important dans la prise en charge du vêtement. Le design a modifié la pratique, la façon de travailler et de concevoir le vêtement à travers une nouvelle démarche de conception. Quelle pourrait-elle être ?

L'intention est d'étudier la relation du vêtement aux nouvelles technologies et en quoi l'hybridation de ces deux items va permettre à la fois une transformation des fonctionnalités du vêtement et en même temps une ouverture possible de modes relationnels nouveaux ?

L'enjeu consiste à saisir la relation du textile, du vestimentaire aux nouvelles technologies numériques et électroniques et en quoi cette mutation nous pousse à nous interroger sur ce que le designer a comme intention et comme désir d'expression à travers le projet conçu. Les évolutions survenues ont fait subir une transformation majeure dans les méthodes de création. Les concepts, la manière de concevoir (les fonctions et les possibilités d'intégration du système), de fabriquer (les éléments nécessaires) et de pratiquer (les caractéristiques du support textile) le projet design textile électronique, design vestimentaire intelligent, aujourd'hui ont tous évolué.

Quel en est l'impact sur le design ? Qu'est-ce que cela suppose comme transformations pour le domaine du design vestimentaire et textile ? Il s'agit dans cette partie d'interroger la manière dont le design reforme son point de vue sur la triade : outils, homme/corps, environnement. Qu'est-ce que cela transforme pour l'usager de l'e-textile ? Il s'agit là d'examiner les approches, les réflexions, les solutions du/des concepteur(s).

Mais hormis toutes ces transformations et mutations qui touchent directement le secteur textile, il faut se pencher aussi sur un autre aspect de ces avancées technologiques qui se verront tout aussi envahissantes mais aussi toujours présentes à nous, voire encore plus : sur nous !

Pour étudier cet aspect, il nous faudrait pouvoir répondre à certaines questions, parmi lesquelles :

-Quels sont les moyens par lesquels les technologies peuvent être intégrées dans notre quotidien ?

-Quel est le comportement de l'individu par rapport au dispositif technologique ?

-Quelles sont les conséquences de la technologie sur le comportement de l'individu ?

L'objectif ne consiste pas seulement à imaginer les applications futures des e-textiles connectés mais de comprendre la réaction du consommateur vis-à-vis des différentes possibilités d'application qui lui sont proposées.

-Quelle est la place de la technologie portée aujourd'hui sur le devenir de demain ?

1-1- E-textiles connectés et Applications industrielles : projets finalisés et commercialisés

Actuellement, les vêtements intelligents intéressent de plus en plus une série de secteurs de marché très différents. Ceci leur permet d'offrir à leurs clients potentiels une large gamme de possibilités d'utilisations, de nouvelles opportunités et de nouveaux services personnalisés. De nouvelles et multiples possibilités et applications commerciales intelligentes sont mises en place pour chaque type d'usage dans le but d'améliorer la qualité de la vie humaine : accroitre le confort et le bien-être de l'usager, mais également faciliter l'usage de ces dispositifs dits "intelligents".

Cette partie examinera le potentiel du marché des textiles électroniques ainsi que les éventuels domaines d'applications envisageables. Cette recherche permet de mieux comprendre les axes actuels dans le domaine des textiles électroniques industriels. Il s'agit d'une étude qui va permettre d'expliquer ce nouveau domaine, ses actuels priorités et ses potentielles perspectives (développement - opportunité futur).

Les e-textiles offrent un certain nombre d'opportunités dans divers domaines afin d'améliorer la qualité de vie quotidienne à partir de services ciblés et personnalisés. Citons par exemple : des possibilités de surveillance d'activité et de condition physique, la prise de décision et d'actionnement autonome, d'applications de localisation, d'identification, de notifications personnelles, la détection d'événements, d'informations (vidéo / image / audio) et d'assistance virtuelle. Les scenarii d'usages de ces habits électroniques intelligents et portables sont multiples. Le potentiel d'évolution d'un domaine par rapport à un autre dépend du taux de commercialisation, d'achat et d'utilisations des projets de e-textiles en dérivant. Quels sont les différents domaines ou champs d'application du marché des E-textiles ainsi que ses différentes utilisations ? Quels sont ceux qui ont plus de chance de faire une percée par rapport aux autres domaines d'application ?

Pour mieux comprendre l'état actuel et le futur potentiel des textiles et vêtements électroniques intelligents et leurs différentes applications industrielles, nous allons établir une étude de marché en analysant quelques statistiques reflétant le degré et le niveau du progrès des multiples domaines dans le marché des e-textiles. Le schéma ci-dessous présente les

projections du CAGR de 2016 à 2026 pour les principaux marchés du textile électronique[651]. Il démontre qu'il existe sept segments de marché clés notamment : "Sport et Fitness", "Médical et Soin de santé", "Bien-être", "Maison et style de vie", "Industriel, commercial, militaire", "Mode".

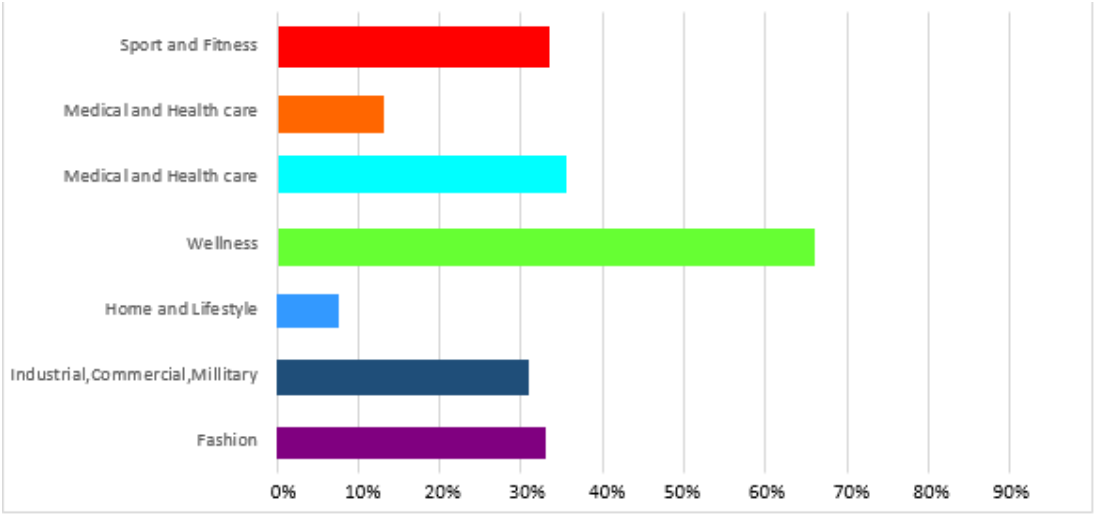


Figure 40. Schéma de projections du CAGR de 2016 à 2026 pour les principaux marchés du textiles électroniques
(CAGR projections from 2016-2026 for key e-textiles markets)

Ce diagramme nous permet de visionner clairement les prévisions de consommation du marché par application. Comme nous pouvons le remarquer, cette étude prévoit que certains domaines d'applications évolueront plus que d´autres. Les secteurs où la demande sera plus importante offriront plus d´opportunités et de possibilités aux différents domaines d'application qui leur sont liés. Nous constatons que le marché du bien-être, du médical et de la santé, du sport et du fitness et enfin celui de la mode ont le taux de croissance le plus élevé par rapport aux autres marchés intégrant le textile électronique dans leur démarche marketing et commerciale. Nous remarquons que le domaine du bien-être est le plus ascendant voire dominant sur le marché des vêtements électroniques intelligents car, d'après nous, leurs applications ne nécessitent pas de règlementations strictes. Dans le même contexte, Guillaume Tartare affirme que : *« Plusieurs entreprises se lancent dans le secteur sportif*

[651] " E-textile: A New Sensation in Textiles ".

plutôt que le médical car les contraintes en termes de normes y sont beaucoup simples »[652]. La catégorie sport peut être incluse dans la catégorie plus large du bien-être, bien que le diagramme précédent les dissocie. C'est d'ailleurs cette catégorisation que reprend le tableau suivant.

Nous constatons, d'après cette analyse, que les e-textiles touchent différents domaines d'application mais nous remarquons aussi que certains sont plus prometteurs que d'autres vu le taux d'efficacité et d´utilité de certaines applications et services qu´ils proposent d´offrir par rapport aux attentes des utilisateurs cibles.

Une large gamme d'applications et de possibilités alimente de plus en plus la demande sur le marché des e-textiles. Une démarche marketing et commerciale pour introduire les textiles technologiques sur le marché des technologies portables est donc nécessaire pour chaque type d'application. Les différentes innovations dans les domaines des e-textiles et des vêtements s'intègrent dans de multiples domaines d'application comme cela est constatable à partir de l'analyse précédente. D'ailleurs, les textiles intelligents connaissent de nombreuses applications dans l'industrie et, partant de cette constatation, Joël DE ROSNAY affirme que *« De nombreux laboratoires dans le monde travaillent sur ces matériaux qui vont de la tenue de camouflage des militaires, à des vêtements de sport permettant aux entraîneurs de suivre les efforts des sportifs, jusqu'aux robes de hautes couture dotées de propriétés nouvelles et originales »*[653]. Nous allons mieux expliquer les différentes catégories de produits (vêtements intelligents) pouvant intégrer des services propres à chaque domaine d'applications le concernant dans l'analyse qui suit.

En se référant à la figure du tableau des domaines d'applications et catégories des produits courants de textiles intelligents[654] nous allons approfondir l'explication des enjeux et des spécificités de chaque segment de marché et catégorie de produits à travers les possibilités de services pouvant être proposés par le support vestimentaire électronique intelligent. Chaque type d'application offre une large catégorie de produits dérivés.

---

[652] Collectif, *L'intelligence meilleur autour de la filière textile.* Paris : Technique de l'ingénieur, Février 2018 : 1-20, accessible sur le lien : https://www.leslivresblancs.fr/livre/filieres-specialisees/industrie/lintelligence-meilleur-atout-de-la-filiere-textile.

[653] Joël De Rosnay, " Nouveaux modèles et nouveaux outils ", *Futura*, 23 février 2002, accessible sur le lien : https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/physique-materiaux-intelligents-55/page/4/, consulté le 23 Juin 2020.

[654] Inga Gehrke, et al, *Smart textiles production: Overview of Materials, Sensor and Production Technologies for Industrial Smart Textiles* (Basel: MDPI, 2019), 4.

Nous allons les présenter en nous référant au tableau ci-dessous[655].

Le domaine médical et le domaine de la santé, par exemple, proposent entre autres : la surveillance des signes vitaux, le suivi de la cicatrisation des plaies, l'injection de dose de médicaments, l'analyse de mouvement, etc.

Les domaines du sport, du fitness et du bien-être comportent la surveillance de l'activité, la surveillance du taux de stress, la stimulation musculaire, le suivi de sommeil, etc.

Le domaine de l'industrie et le domaine militaire présentent des équipements de protection, d'amélioration de l'ergonomie, des exosquelettes, etc.

Le domaine de la maison (domotique) et de l'architecture offrent différentes applications d'affichage et de contrôle intégré ainsi que le suivi des différentes activités liées à la consommation d'énergie et à la sécurité, etc.

Le domaine de la Mode et du style de vie procure un affichage intégré et commande extérieure d'appareils électroniques annexes (téléphone portable, lecteurs Mp3, …), effet visuel (affichage de texte, d'image, de vidéo, d'émoji, …) et effet haptique, etc.

Application Fields	Product Categories	
Medicine and Health	• Monitor vital signs (blood pressure, heart rate, electrocardiography (ECG), electroencephalogram (EEG), blood sugar) • Wound healing monitoring	• Patches (drug delivery) • Motion analysis
Sport and Fitness, Wellness	• Monitor activity (steps, heart rate) • Stress monitoring	• Muscle stimulation • Sleep tracking
Industry and Military	• Protective equipment (PPE) • Ergonomics improvement • Counterfeit protection	• Monitor attention • Exoskeletons
Home and Architecture	• Integrated displays and control • Structural health monitoring for buildings	• Activity tracking (movement, falls)
Fashion, Lifestyle, Others	• Integrated displays and outdoor control	• Visual and haptic effects

Figure 41. Domaines d'applications et catégories de produits courants des textiles intelligents
(Inga Gehrke, Vadim Tenner, Volker Lutz, David Schmelzeisen, Thomas Gries, 2019)

Au fur et à mesure des nouvelles découvertes et inventions, de nouveaux textiles arrivent sur le marché offrants de nouvelles fonctions et fonctionnalités. Celles-ci fournissent de nouvelles opportunités et possibilités qui s'avèrent utiles pour plusieurs applications dans

[655] Inga Gehrke, et al, *Smart textiles production: Overview of Materials, Sensor and Production Technologies for Industrial Smart,* 4.

différents domaines. Nous constatons alors que les textiles électroniques intelligents proposent de multiples usages dans maints domaines d'applications. Nous avons choisi dans la partie qui suit d'analyser certains exemples de projets de vêtements électroniques intelligents qui appartiennent aux secteurs suivants : "médical et santé", "sport et bien-être", "Militaire et sécurité", "mode et divertissement". Ces analyses vont nous permettre de montrer les différentes utilisations et fonctionnalités proposées pour chaque domaine d'application concerné.

Ces analyses vont nous permettre de démontrer les différents enjeux et perspectives mais aussi les opportunités de concrétisation des différents projets e-textiles intelligents. Nous nous pencherons également sur les nouvelles relations et interactions possibles s'établissant entre les utilisateurs et les produits e-textiles intelligents émanant de chaque domaine d'application.

Notre attention portera d'abord sur le domaine médical.

a. Santé, soin médical : "healthcare"

Depuis le début de l'apparition de l'industrie des textiles électroniques intelligents, la santé et les soins médicaux présentent un de ses domaines d'applications de prédilections. Les vêtements intelligents semblent avoir un avenir prometteur dans le domaine de la santé, et cela à partir des opportunités d'applications multiples, précises et fiables, puisque, comme le confirment Dominique Paret et Pierre Crégot, « […]*dans ce domaine, nous sommes au plus près du corps avec des mesures les plus fiables possibles, c'est-à-dire que les fibres, les textiles et vêtements intelligents deviennent à terme une « seconde peau » intégrant tous ses capteurs et permettant d'interagir directement avec le patient et le personnel soignant ou ses proches* »[656]. Certains produits sont déjà commercialisés et d'autres sont en cours de commercialisation et nécessitent d'être testés sur les utilisateurs cibles afin de garantir une meilleure performance. D'après le cahier de veille sur les textiles intelligents : « *[L]e domaine de la santé offre un large spectre d'usages des smart textiles avec d'ores et déjà des produits en phase de pré-commercialisation. Si le potentiel marché est grand, la santé reste une course d'obstacle pour les entreprises qui visent ce secteur : c'est un des plus règlementé. Ce n'est pas par hasard si la plupart des sociétés préfèrent des marchés*

[656] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 171.

connexes, moins contraignants, comme celui des cosmétiques et des loisirs »[657]. Les firmes ne peuvent se risquer à commercialiser un produit non testé ou non réglementé. C'est la santé des patients ayant fait confiance à la fiabilité de leurs services qui est en jeu. Nul doute que celle-ci ne doit pas être ébranlée par un incident quelconque. C'est pourquoi des tests en laboratoires doivent être effectués afin de palier tout incident.

Nous allons commencer par expliquer en général les différents débouchés possibles des nouvelles technologies dans le domaine médical avant de nous attarder sur l'analyse de deux exemples de projets qui vont nous aider à matérialiser concrètement et à éclaircir les pistes prédéfinies.

Les vêtements intelligents connectés inscrits dans le domaine de la santé et du soin médical sont capables d'effectuer plusieurs performances. Parmi lesquelles nous pouvons citer la surveillance de l'état de santé ou du mouvement, la prévention en cas de trouble du sommeil[658] par exemple, l'avertissement en cas de danger. Dans certain cas le service proposé atteint un certain niveau de protection en aidant le patient à traiter certaines maladies et blessures en le mettant en cas d'urgence en relation directe avec le personnel médical qualifié afin de lui éviter des complications de santé. Les vêtements électroniques à usage médical peuvent être utilisés dès la naissance jusqu'à la fin de nos vies. Certains projets sont destinés à la surveillance des bébés. D'autres, ciblent des personnes âgées puisque ces deux derniers sujets sont considérés comme personnes fragile et à risque. Il existe différentes études scientifiques et différents projets commercialisés de vêtements intelligents qui proposent des systèmes à usage médical assurant la surveillance des paramètres vitaux et autres. Ceux-ci sont appelés "Monitoring" [659] . Ce sont ces dispositifs textiles intelligents qui retiendrons notre intérêt dans les analyses qui suivent. Leur fonctionnement consiste à relever de manière continue les mesures des différents signes vitaux du porteur, de les envoyer vers un serveur capable de les analyser[660] et de détecter les changements en temps réel[661], de renvoyer le résultat de ces analyses et dans certains cas de réagir à ces résultats. La nature des

[657] IDEFI CréaTIC (université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents.*
[658] Zilu Liang and Takuichi Nishimura, " Are wearable EEG devices more accurate than fitness wristbands for home sleepTracking? Comparison of consumer sleep trackers with clinical devices ", Proceedings *of the 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, Nagoya, Japan, 24–27 October 2017, 1–5.
[659] Monitoring : surveillance
[660] Selon les chercheurs de la Faculté des Sciences et du Centre d'optique, photonique et laser de l'université Laval – Québec – Canada publié dans la revue scientifique Sensor.
[661] Marco Di Rienzo, et al, " Textile Technology for the Vital Signs Monitoring in Telemedicine and Extreme Environments", *IEEE Trans. Inf. Technol. Biome,* vol. 14, no. 3, 2010, 711–717, https://doi.org/10.1109/TITB.2010.2048921.

données collectées peut être des signes biométriques tels que : la fréquence cardiaque, la fréquence nerveuse, l'activité électrique du cerveau, la fréquence respiratoire, la pression artérielle, le taux de saturation d'oxygène dans le sang, le taux de glycémie, la température corporelle et autres. Ces mesures sont relevées respectivement à partir de différents capteurs tels que l'électrocardiogramme (ECG), l'électromyogramme (EMG), l'électroencéphalogramme (EEG), le tensiomètre, le saturomètre, le glucomètre, le thermomètre et autres. D'autres signes vitaux comme les données psychos émotionnelles par exemple l'état d'humeur, l'interprétation des émotions et le niveau de stress [662] sont quantifiables et mesurables. En outre, plusieurs signes vitaux peuvent être surveillés simultanément à travers le même vêtement intelligent comme l'indique la figure ci-dessous[663].

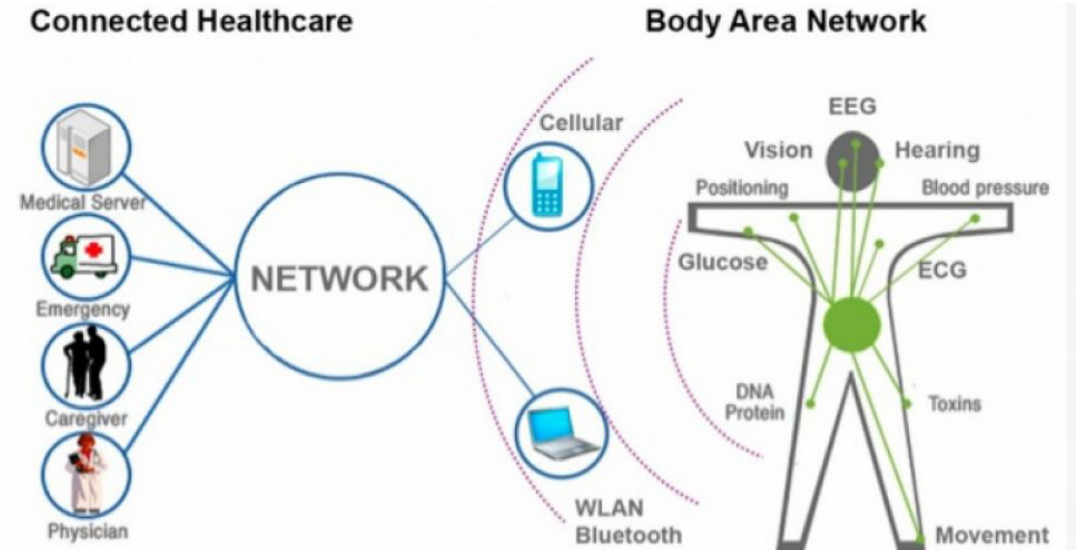


Figure 42. Représentation du système de collecte et d'envoi des données biomédicales à partir d'un textile connecté
(© Stepan Gorgutsa, université Laval)

Ces vêtements permettent d'acquérir des données biométriques de manière continue et en temps réel ce qui aide à améliorer la qualité des soins médicaux.

Premièrement, en termes de gain de temps : réduire le temps des rendez-vous, accélérer le processus de diagnostic, considérer plus de temps pour chaque patient.

[662] Fernández-Caramés and Fraga-Lamas, " Towards the Internet of Smart Clothing: A Review on IoT Wearables and Garments for Creating Intelligent Connected E-Textiles ", *Electronics* 7 n°12 (2018).
[663] Laure Pouliquen, " Les textiles intelligents qui surveillent votre santé ", *Futurologie-Innovation,* accessible sur le lien : https://laurepouliquen.fr/les-textiles-intelligents-qui-surveillent-votre-sante/, consulté le 22 Juin 2020.

Deuxièmement, en termes d'amélioration de la qualité de soin : la télé santé ou télé médecine, le traitement individualisé qui répond au besoin spécifique à chaque patient.

Troisièmement, en termes de réduction du coût des services de santé : éliminer le besoin des équipements coûteux dans les hôpitaux destinés à n'être utilisés que par un seul patient à la fois, donner accès aux traitements à domicile.

Quatrièmement, en termes confort dans l'usage et la facilité d'utilisation : il suffit de porter le vêtement électronique et de le mettre en marche et toutes les opérations se font automatiquement. La collecte, l'enregistrement, l'analyse et l'envoie des données obtenues instantanément au médecin, qui en fait une estimation et une interprétation pour aboutir à des résultats immédiats.

Il s'agit d'une nouvelle forme de diagnostic collaboratif et participatif, d'essai clinique basé sur l'interaction entre le vêtement électronique, le patient et le médecin à travers le dispositif textile connecté. Ces différents éléments et composants médicaux intégrés permettent de réduire les risques de détérioration de l'état de santé suite au changement brusque des données biométriques sans que le patient ne puisse s'en rendre compte. Ils peuvent aussi être une solution pour les nouvelles méthodes de soin non médicamenteuse comme le montre l'analyse du projet "Maase" que nous développerons plus loin.

En effet nous allons étudier deux exemples de projets de vêtements électroniques intelligents dans le domaine du médical et de la santé. Le premier projet est destiné à la surveillance des signes vitaux et le deuxième à la surveillance et au traitement des maladies. Le deuxième exemple est plus évolué que le premier dans le sens où il permet d'avoir un examen personnel en temps réel grâce à l'intelligence artificielle. Ce genre d'applications donne accès à « *[u]ne surveillance médicale optimisée et personnalisée qui pourrait sauver de nombreuses vies »*[664].

Mimobaby (body de bébé)

Le premier exemple de projet à analyser, nommé "Mimo", est un body connecté[665] pour bébé. Il est fabriqué en tissu "waterproof" [666] et capable de surveiller l'état de santé du nourrisson. Ce genre de projet est apparu suite aux changements intenses de nos modes de vie. Aujourd'hui, les parents sont obligés de se séparer de leurs petits très tôt pour différentes

[664] Pouliquen, " Les textiles intelligents qui surveillent votre santé ".
[665] "Mimo le body connecté pour bébé via un body connecté à votre smartphone ", *Smartaddict*, accessible sur le lien : http://www.smartaddict.fr/mimo-le-body-connecte-pour-bebe/, consulté le 25 Juin 2020.
[666] Waterproof : étanche qui ne fait pas passer l'eau.

obligations généralement d'ordre professionnels. Ce type de vêtement est venu comme réponse aux parents soucieux de l'état de santé de leurs petits en leur proposant de nouvelles fonctionnalités préventives contre le syndrome de la mort infantile subite[667]. Le fait que les parents soient connectés via une application téléphonique leur permet d'avoir un regard et de suivre à distance l'état de santé de leur bébé à tout moment. Ce genre de dispositif permet dans une certaine mesure de les rassurer en leur fournissant instantanément des données vitales de leurs petits. Il permet aussi de les avertir, lors de la détection d'un changement dans les paramètres vitaux à travers une notification envoyée en temps réel sur l'application associée figurant sur leurs téléphones respectifs.

Figure 43. " Mimo " Surveillance de la santé du nourrisson
(Mimo, 2014)

La partie technique est composée d'un module électronique magnétique conçu sous forme d'une tortue stylisée et qui peut être appliqué sur la surface du vêtement. Ce module contient tout le système électronique intelligent capable d'assurer une surveillance physiologique de la santé du bébé. Des capteurs Bluetooth sont capables de détecter : la position, les mouvements, les sonorités (bruit, pleur), le rythme cardiaque et respiratoire et la température corporelle du

[667] Ferreira, A.G.; Fernandes, D.; Branco, S.; Monteiro, J.L.; Cabral, J.; Catarino, A.P.; Rocha, A.M. " A smart wearable system for sudden infant death syndrome monitoring ". In Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Taipei, Taiwan, 14–17 March 2016: 1920–1925.

nourrisson. Une unité de commande est capable d'analyser les données et de les envoyer à travers un boitier Wifi sur une application téléphonique (Android ou iPhone). Nous avons conçu ce schéma explicatif afin de mieux simplifier le fonctionnement de ce vêtement intelligent.

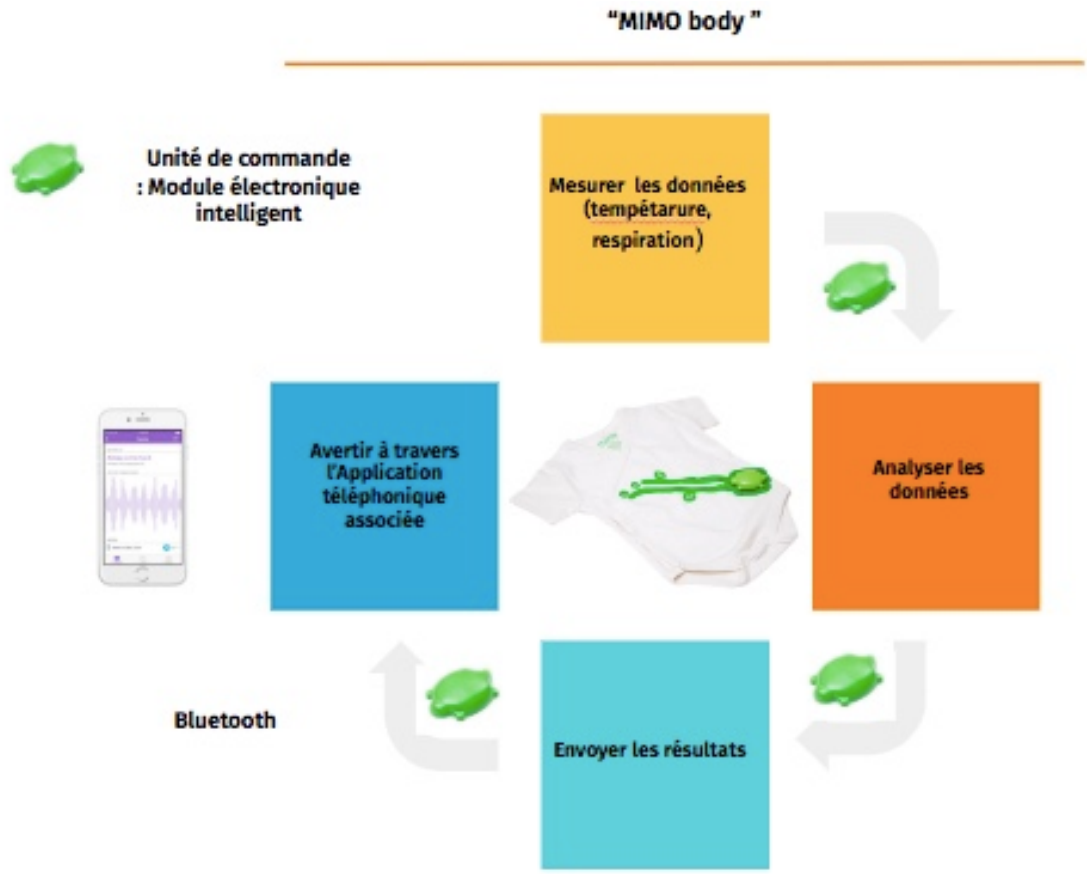


Schéma 14. Schéma de fonctionnement interactive de "Mimo"

Ce projet commercialisé est un exemple de dispositif textile communicant et interactif qui permet d'accompagner le bébé, de contrôler son état de santé et d'informer ses proches en cas d'urgence. L'interaction est possible grâce à sa capacité de capter les données, de les analyser et de réagir en fonction des résultats en envoyant une notification sur le téléphone des parents via l'application associée.

Ce genre de dispositif textile intelligent est une initiative innovante qui peut remplacer les anciens appareils de surveillance connectés tels que le baby phone audio capable de détecter uniquement des éléments sonores (les bruits, les pleurs, les cris, …) pouvant être présents

dans la chambre du bébé. Celui-ci permet d'avertir les parents en temps réel. La génération suivante du baby phone étant plus avancée permet en plus des éléments sonores, une visualisation vidéo en directe du bébé (ses mouvements, sa position, …). Ces deux dispositifs imposent une contrainte géographique car les parents n'ont accès à ses services que s'ils sont chez eux. Ce qui n'est pas le cas pour le dispositif "Mimo" plus sophistiqué technologiquement que ses prédécesseurs.

Avec l'apparition de cette nouvelle proposition de textile intelligent, les fonctionnalités attribuées à ce genre de dispositif se sont développées grâce à un ajout de nouveaux usages plus intelligents liés à la prévention de l'état de santé du bébé. Le vêtement se voit dès lors doté de nouvelles fonctionnalités de surveillance des signes vitaux du bébé. A notre avis ce dispositif textile est très utile dans le sens où il permet à son porteur d'être relié en temps réel aux parents car il est capable de communiquer les différentes données biométriques liées à l'état de santé du bébé. Cette communication est restreinte puisqu'elle est unidirectionnelle. Malgré cette restriction, il nous paraît utile de juger cette invention comme créant un nouveau type de lien reliant l'humain à une forme d'intelligence non organique. Ce dispositif textile innovant permet à son tour de créer une nouvelle forme de qualité relationnelle entre le porteur (le bébé), le porté (body "Mimo") et l'environnement d'interaction qu'il soit matériel (les parents et l'objet téléphone) ou immatériel (l'application téléphonique associée au body "Mimo") ce qui forme une triade.

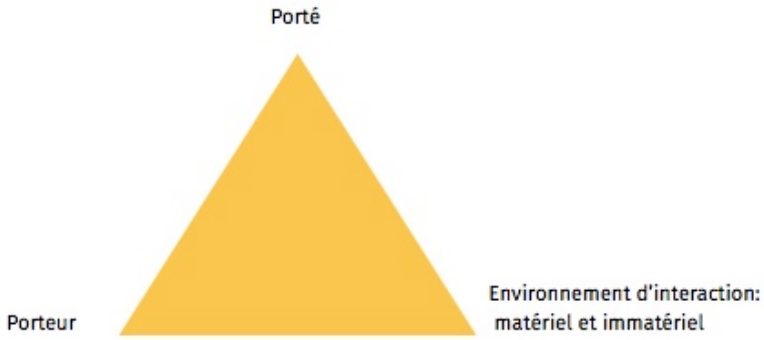


Schéma 15. Triade relationnelle "Mimo"

Ce type d'exemple nous permet de nous interroger sur la perméabilité des frontières entre tel domaine et tel autre. Sommes-nous encore dans l'ordre de la puériculture ou l'avons-nous dépassé pour atteindre le médical ? Sommes-nous dans la prévention ou dans le design permettant à l'habit de plaire tant aux parents qu'aux nourrissons ?

Nous préférons ne pas répondre d'emblée à toutes ces questions puisque nous allons encore évoquer un projet personnel qui pourrait en susciter d'autres. Ce projet sera présenté dans une partie ultérieure de notre thèse.

Actuellement nous allons analyser un autre type de projet qui s'intègre dans le domaine d'application « santé et soin médical ». Dans cette catégorie nous trouvons des habits non plus de type « préventifs » mais qui aident à diagnostiquer et à traiter certaines maladies. Nous en citons quelques-unes : les maladies cardiologiques, les troubles de sommeils, la maladie d'Alzheimer, l'épilepsie, etc. Notre choix s'est arrêté sur le projet qui traite l'épilepsie. Il est conçu par la start-up "BioSerenity" [668] qui, grâce à son équipe R&D, s'est spécialisée dans le développement des solutions technologiques innovantes de diagnostic des pathologies spécifiques[669]. En 2018, elle a été élue la première meilleure startup française en intelligence artificielle[670].

" NEURONAUTE" - " BioSerenity"

Le deuxième exemple de projet à analyser est un ensemble qui combine deux éléments textiles portables : un tee-shirt intelligent connecté nommé "NeuroNaute" et un bonnet encéphalogrammes nommé "IceCap". Ce projet est une solution technologique capable de surveiller en continue et même à distance les patients qui ont des troubles neurologiques épileptiques afin d'améliorer les diagnostiques, la compréhension et le suivi de cette maladie grâce à la quantité des données récoltées[671]. Ce dispositif vestimentaire intègre de l'électronique embarquée et des capteurs biométriques corporels capables de détecter et de mesurer les signaux électro-physiologiques. Ces données vont aboutir aux examens souhaités tels que l'EEG[672], l'ECG[673] et la PSG[674] du patient. Les mesures incluent l'activité musculaire, l'activité cardiaque, l'activité respiratoire, etc. Par exemple, les électrodes implantées dans le bonnet enregistrent en temps réel l'activité électrique du

[668] " Care for your patients with Smart Healthcare Solutions Bioserenity Smart Healthcare Solutions", *BIOSERENITY*, accessible sur le lien: https://www.bioserenity.com, consulté le 17 Avril 2022.
[669] " Start-up book ", *Cohort Innovation Day*, 3 October 2018, Station F Paris, accessible sur le lien: http://www.cohortinnovationday.com/images/Book_Start-up_CID_2018%20VF.pdf?fbclid=IwAR3yPlaH97CJ9wLYv0QqwVSb6FLb4E3Yl6hSZbB3TdsuulfmiaTyOOjMPwg, consulté 14 mai 2022.
[670] "The Top-10 French Artificial Intelligence Startups", *Nanalyze*, 14 Avril 2018, accessible sur le lien : https://www.nanalyze.com/2018/04/top-10-french-artificial-intelligence-startups/, consulté le 27 Juin 2020.
[671] Pierrot Plenard, " Textiles intelligents ou vêtements connectés, la technologie à même la peau ", *Kicklox*, 2021.
[672] EEG : électroencéphalogramme
[673] ECG : électrocardiogramme
[674] PSG : polysomnographie

cerveau. Ce dispositif remplace tout l'arsenal médical auquel était relié le patient à l'hôpital. Il n'aura plus à se soumettre à trois examens distincts en trois lieux différents. Le patient aura à sa disposition les trois machines intégrées dans un seul vêtement qu'il aura le loisir de porter soit chez lui soit lors d'un déplacement à l'hôpital. Les données des examens électro-physiologiques captées par ce vêtement intelligent sont envoyées en temps réel depuis le système électronique intégré vers le serveur cloud et elles y sont enregistrées et envoyées vers une plate-forme internet pour la télé-expertise. Un spécialiste de la santé les interprète grâce à un support d'algorithme d'intelligence artificielle[675]. La vie privée du patient sera elle aussi prise en considération puisque ces données seront cryptées. Les résultats de cette analyse seront retransmis au médecin responsable en cas d'urgence. De plus, une notification sera envoyée sur l'application téléphonique associée du patient ou de ces proches en cas de nécessité. La transmission directe des données au médecin responsable se fait par le biais d'une plateforme de télémédecine. Elle est le fil conducteur qui relie le médecin à son patient. Celle-ci permet, entres autres applications, une visio-conférence annulant ainsi tout besoin de déplacement vers le cabinet du médecin traitant ou vers un centre hospitalo-médical. Les notifications permettent d'identifier les données du patient, en cas de crise d'épilepsie par exemple. Cela se fait à travers un accès simplifié aux signaux enregistrés. Le médecin peut alors interpréter le type d'activité électrique du cerveau et peut par la suite agir en toute rapidité, fiabilité et efficacité.

Figure 44. Projet " NEURONAUTE "
(Bioserenity, 2015)
https://www.bioserenity.com

[675] BioSerenity France, " BioSerenity Introduction : Smart healthcare solutions " Vidéo en ligne. Youtube, 01 :53, 23 février 2022, accessible sur le lien : https://www.youtube.com/watch?v=83Zc5T_NmAk, consulté le : 17 avril 2022.

Nous constatons que le "NeuroNaute" est en quelque sorte un dispositif médical connecté qui offre des services intelligents pour les patients épileptiques en continu (24h/24h et 7j/7j) qu'ils soient à l'hôpital ou à domicile. C'est une révolution pour les patients car ils ne seront plus obligés d'aller constamment à l'hôpital pour faire le diagnostic et subir les affres d'une file d'attente et du stress qui en résulte. Ceci dit, il est important de signaler que de telles interventions prennent énormément de temps ce qui fait endurer au patient une double charge émotive : celle de la maladie à laquelle s'ajoute celle de la bureaucratie. Or avec un tel dispositif permettant la portabilité du matériel de diagnostic médical, le patient se trouve libéré et n'est plus obligé d'être relié à un lit dans une chambre d'hôpital avec tous les frais qui en découlent car c'est un examen de longue durée puisqu'il dépend de l'apparition des premiers symptômes de la crise épileptique. Celle-ci pouvant survenir à tout moment, impose un examen continue du patient et donc une mise sous contrôle pour un temps qui peut être indéterminé. De ce fait, ce type de dispositif de diagnostic offre la possibilité d'être connecté directement à un médecin quelle que soit l'heure et quel que soit le lieu en cas de crise. D'après Pr. Nathalie Kubis, chef du service de Physiologie clinique et explorations fonctionnelles à l'hôpital Lariboisière (Paris) : « *Tout ce qui permet d'enregistrer une activité (neurologique, cardiologique ou autre) dans les conditions de vie habituelle présente une vraie valeur ajoutée. En effet, hospitaliser un patient pour mesurer son EEG, par exemple, peut être contre-productif si les crises d'épilepsie sont rares ou si elles ne se déroulent que dans des circonstances particulières. En outre, l'hospitalisation pour examen revient cher* »[676].

Nous éclaircirons ici la valeur ajoutée du service qu'offre ce type de dispositif pour le patient : pouvoir être diagnostiqué même en restant chez soi, ne plus être obligé de prendre un rendez-vous pour faire les examens à l'hôpital, pouvoir économiser le coût de l'hospitalisation, avoir la possibilité de rester connecté au professionnel de santé à tout moment. Reste à savoir si le malade est lié directement à son médecin traitant ou à un autre. Dans le premier cas, l'examen est très efficace car celui-ci connaît pertinemment l'état de santé de son patient et donc le diagnostic sera meilleur puisque le médecin est au clair par rapport à ses antécédents. Si bien que même si le médecin traitant n'est pas le même, il n'en amoindrit pas la qualité et l'efficacité d'un tel dispositif puisque les mesures reçues par tout

[676] " Neuronaute, le tee-shirt qui diagnostique l'épilepsie ", *Le Quotidien du Médecine*, 24 décembre 2019, accessible sur le lien : https://www.lequotidiendumedecin.fr/actus-medicales/esante/neuronaute-le-tee-shirt-qui-diagnostique-lepilepsie, consulté le 22 Juin 2020

intervenant du corps médical seront traitées et analysées afin de permettre, à un certain degré, un meilleur diagnostic et une meilleure intervention en cas de besoin. Sauf que nous ne pouvons pas omettre de signaler l'impact psychologique que pourrait avoir un changement d'habitude sur le patient. Celui-ci est de prime abord habitué à une personne, ce qui n'est pas une chose à prendre à la légère en cas de traitements lourds. La qualité relationnelle est de loin une thérapie en soi. Il est à noter qu'un changement subtil peut être très important et peut indiquer une détérioration dans l'état du malade.

L'avis du professeure Nathalie Kubis appuie cette opinion. D'après elle : « " *l'interprétation des données peut faire problème* ", si le diagnostic est mal interprété par le médecin en charge de ce travail et qui n'est pas celui qui suit le patient. D'après elle : " *L'approche de BioSerenity doit être divisée en deux aspects. D'une part, l'innovation technique avec les textiles « intelligents » qui permettent d'y intégrer des capteurs (acquisition des données). D'autre part, l'interprétation des données (400 000 tests par an dans les mondes revendiqués par BioSerenity). Et c'est ce qui peut faire problème. En effet, l'analyse des données est bien plus pertinente lorsque le médecin en charge de ce travail est aussi celui qui suit habituellement le patient* " »[677].

Nous constatons, qu'aujourd'hui, les dispositifs de surveillance biométrique portables, tels que le projet vestimentaire " NeuroNaute ", appartenant au domaine médical, assurent une meilleure performance à travers un haut degré de précision et de fiabilité dans la mesure et à certains égards dans l'interprétation des données du patient. La fiabilité de l'intelligence artificielle n'est pas remise en cause dans ce type de projet ce qui n'est pas le cas de la fiabilité de l'interprétation humaine qui, elle, dépend de la relation de contiguïté entretenue par le patient et son médecin traitant.

De plus, le coût de ce genre de dispositif médical portable revient moins cher qu'un soin de santé ordinaire dans la mesure où il permet au patient de poursuivre son hospitalisation à domicile et ainsi de réduire les frais liés à sa prise en charge à l'hôpital. Signalons que le prix d'un équipement de soin médical présent dans un hôpital assurant le suivi d'un seul patient à tour de rôle revient beaucoup plus cher que plusieurs dispositifs portables moins coûteux mis

[677] " Neuronaute, le tee-shirt qui diagnostique l'épilepsie ".

à disposition de plusieurs patients garantissant la même fonctionnalité et permettant ainsi un gain de disponibilité et d'accès aux soins.

La démarche classique schématisée ci-dessous se trouve être obsolète suite à l'invention du « NeuroNaute ». En effet, l'ancienne démarche suit ce cheminement :

- Besoin d'un EEG ?
- Prescription de l'EEG
- Déplacement à l'hôpital et examen
- Enregistrement des données dans un cloud classique
- Notification de l'envoie des données et interprétation par le médecin
- Envoie des résultats au patient

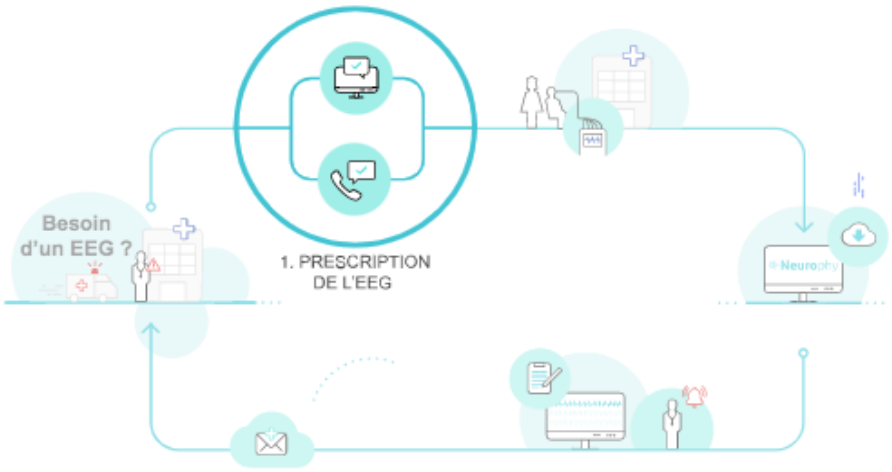


Figure 45. Démarche classique d'un examen EEG
(Bioserenity, 2015)
https://www.bioserenity.com

C'est pourquoi la demande de ce type de textiles intelligents connectés augmente de deux côtés : les consommateurs et les services de la santé.

De la part des consommateurs : ils sont de plus en plus soucieux de leurs états de santé ou de ceux de leurs proches. Le suivi médical est en soi une demande qui est assouvie par le produit/service médical fournit. Les patients demandent à être en liaison directe et permanente avec le docteur ou une tierce personne qui peut s'en charger et intervenir si besoin. Donc ils ont un besoin à combler et celui-ci se trouve assuré par l'utilisation des

vêtements biomédicaux intelligents munis de capteurs qui suivent, mesurent et enregistrent les données biométriques du patient et envoient instantanément ces mesures à travers une application téléphonique reliée aux différents possesseurs (patient, médecin, proches).

D'un autre côté, les vêtements électroniques sont très sollicités par les médecins qui sont tellement débordés au point d'y voir un salut face à la recrudescence des demandes de soin dues principalement à un changement de style de vie. L'espérance de vie ayant dépassé les 79 ans, il est dès lors primordial qu'un attrait pour de pareilles solutions de la part du corps médical soit encouragées et souhaitées. En effet, ce genre de produits les aide à surveiller à distance la santé des patients. Ils peuvent ainsi suivre leurs données vitales en temps réel. Ils peuvent à tout moment visualiser les données de leurs patients via une interface pratique, ergonomique et personnalisable leurs fournissant la possibilité d'interagir à distance avec eux afin de mieux les conseiller et de les prendre en charge pour un meilleur accompagnement médical. Ce type de vêtement peut être proposé pour le suivi à domicile des personnes âgées puisqu'il permet entre autres fonctions le déclenchement d'alertes en cas de problèmes[678]. Il existe même certains autres types de dispositifs tels que les dispositifs "Haptiques" [679] utilisés pour la réhabilitation des patients souffrants de troubles sensoriels[680].

Ce genre de projet permet d'établir un autre type de relation dépassant la triade du premier exemple "Mimo" vue plus haut. Nous sommes actuellement face à quatre intervenants. Ils sont les suivant :

- Le porteur (le patient).
- Le porté ("NeuroNaute").
- La plate-forme internet pour la télé-expertise (cloud, algorithme d'intelligence artificielle, personnel de santé qui gère le flux de données).
- L'environnement d'interaction qu'il soit matériel (le médecin traitant ou autres spécialistes de la santé et l'objet sur lequel seront affichées les données) ou immatériel (l'application téléphonique associée). De nouvelles relations, de nouveaux échanges entre le patient, le vêtement et le médecin se créent alors.

[678] Michał Frydrysiak and Łukasz Tęsiorowski, " Wearable Care System for Elderly People ", *International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences*, vol. 5, no. 3 (Juillet 2016), 171-177.
[679] Haptique : également connue sous le nom de communication kinesthésique ou de toucher 3D, désigne toute technologie capable de créer une expérience tactile en appliquant des forces, des vibrations ou des mouvements physiques à l'utilisateur.
[680] Peter B. Shull & Dana D. Damian, " Haptic wearables as sensory replacement, sensory augmentation and trainer—a review ", *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*, vol. 12, no. 59 (2015), accessible sur le lien: https://doi.org/10.1186/s12984-015-0055-z.

Schéma 16. Modèle relationnelle " NeuroNaute "

Le vêtement est dès à présent, dans cet exemple, une sorte de dispositif de soin capable de mesurer et d'envoyer les mesures des signes vitaux. Une analyse est assurée grâce à l'intelligence artificielle de l'algorithme associé régit par le personnel de santé qualifié et le médecin en est averti en cas d'urgence. En effet, le programme prend en charge la gestion des données et les ordonne selon leurs gravités. Il y parvient grâce à l'intelligence artificielle qui lui a été conférée par l'algorithme utilisé qui va aider à prendre la décision d'envoyer telle ou telle autre donnée au médecin traitant. Tout cela se fait en prenant en considération le degré de gravité de l'état du patient. Ce classement par ordre de gravité se fait via l'intelligence artificielle qui va procéder selon des paramètres bien déterminés.

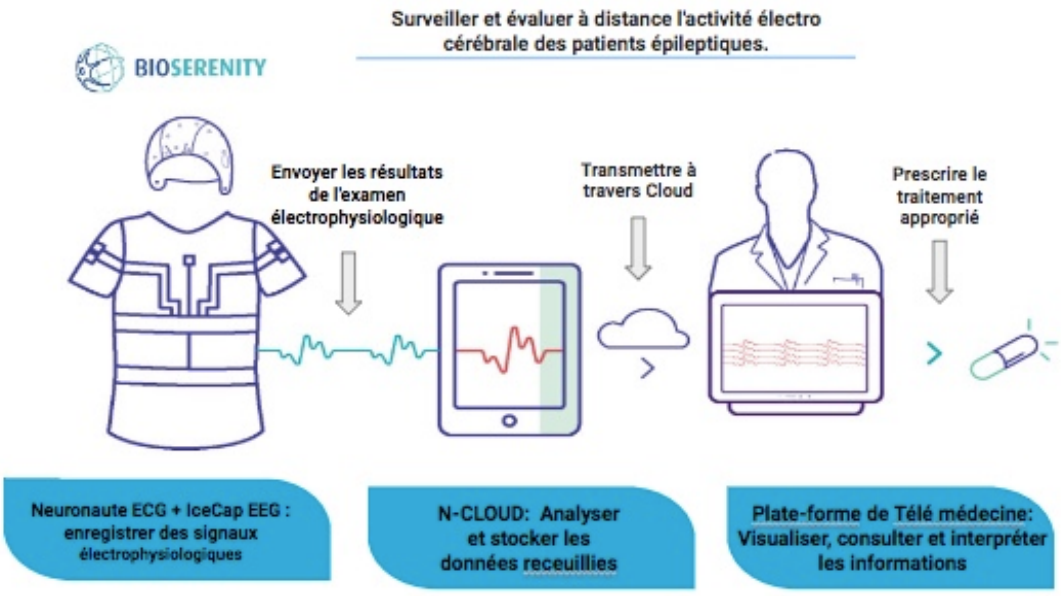


Schéma 17. Schéma de fonctionnement interactive " Neuronaute "

Cet habit intelligent connecté se mue en un dispositif relationnel qui gère et opère des usages innovants et des fonctionnalités de communication pluridirectionnelle. Celle-ci s'établit entre le patient et le médecin par l'intermédiaire de la visioconférence. Une autre relation s'établit également entre les éléments internes du vêtement avec la plateforme d'expertise médicale. Si un de ces chainons venait à manquer ce vêtement intelligent ne pourrait plus être utilisé à ses pleines capacités. Toutes ces interactions permettent de transformer ce type de vêtement en une sorte d'interface de synthèse relationnelle.

Pour conclure, le fait que ce dispositif soit de type textile garantit à son porteur un meilleur confort mais aussi une meilleure qualité d'usage. Il faut tout de même signaler que le fait que des appareils de mesures et de surveillances intégrés à un vêtement intelligent fait oublier au patient qu'il est porteur de tout un attirail médical encombrant devenu miniaturisé et discret. Ceci ajoute au confort d'utilisation une autre dimension pratique qui est celle de la « furtivité » des objets de mesure. Ainsi le porteur en parvient à en oublier qu'il a à la surface de son corps des capteurs qui calculent en permanence ses signes vitaux. Le vêtement, outre ses fonctions primaires, évolue pour devenir un centre de suivi médicalisé en mouvement. Le suivi et la qualité sont assurés avec moins de contraintes et plus de conforts et de bien-être générant des diagnostiques, des soins et des interventions plus efficaces.

Hormis le côté esthétique et le design épuré et attrayant, nous devons préciser que tout l'aspect technique pris en charge dans ce vêtement ne nuit guère à l'aisance des mouvements. Nul câblage ou composant électrique ne viennent enfreindre la règle de base de tout vêtement qui est l'aisance et le confort d'utilisation. Ainsi nous gardons les qualités intrinsèques d'un vêtement ordinaire. Ceci octroie aux patients actuels une autre alternative aux soins traditionnels. Le fait que le tout soit incorporé discrètement dans la combinaison offre plusieurs possibilités en matière d'autonomie, d'indépendance et de légèreté. Alors qu'ils devaient être limités à un seul choix entravant leurs mouvements et leurs libertés, ils se trouvent face à une deuxième solution leur offrant plus de liberté et surtout plus de qualité de service.

Ces quantités d'innovations n'auraient pu être atteintes si la haute technologie ne s'était pas alliée au domaine textile pour fournir le concentré de ce qu'il y a de meilleur dans les deux spécialités.

Nous allons aborder maintenant un autre domaine qui est celui du sport, fitness et bien-être où l'application des textiles intelligents pourrait augurer de nouvelles approches et application et, pourquoi pas, aider les utilisateurs-cible à atteindre leurs objectifs. Ce domaine assez pointilleux nous fournira un autre aperçu des qualités de cette fusion entre technologie et textile puisqu'il aborde d'autres spécificités comme ceux de la légèreté, de l'aisance de mouvement voire de la respirabilité du tissu, etc. Nous allons montrer à travers notre analyse les critères de ressemblance et de dissemblance qui les distinguent et diffèrent du domaine précédent à travers l'analyse d'un projet.

b. Sport, fitness et bien-être : " Sportwear "

Le domaine du sport est envisagé comme étant précurseur dans le domaine des vêtements intelligents qui sont considérés comme "utiles" lors de toutes activités physiques[681]. Les e-textiles sont principalement prometteurs pour le domaine du sport et beaucoup de projets sont déjà commercialisés sur le marché. Les applications dans le domaine du sport et de la santé sont presque les mêmes du point de vue utilisation sauf que les finalités diffèrent. Cet écart réside d'une part, dans la manière avec laquelle vont être exploitées les données collectées par le dispositif : « *Les données collectées ne sont pas foncièrement différentes de celles des produits se positionnant sur le marché de la santé : la différence porte plutôt sur l'exploitation des données et le mode de restitution* »[682]. D'autre part, elle réside également dans la législation qui se trouve être plus souple dans le domaine du sport vis-à-vis des mesures relevées. Un petit écart peut être enregistré sans que cela ne nuise à la santé du sportif amateur alors que ces mêmes écarts ne seraient pas tolérés dans le domaine médical voire dans le sport de haut niveau.

Les vêtements de sport connectés intelligents dépassent l'usage classique d'une tenue de sport ordinaire vers une recherche de qualité d'usage différente voire innovante. Il existe plusieurs déclinaisons de vêtements connectés dans le domaine du sport telles que les déclinaisons en tee-shirt, en semelle d'espadrille, en legging en chaussettes, etc. Ces tenues proposent des fonctions de monitoring et sont utilisées pendant la pratique de certaines

[681] Bo Zhou et al. " Never Skip Leg Day: A Novel Wearable Approach to Monitoring Gym Leg Exercises ", *Proceedings of the IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)* (Sydney,March 2016), 1–9, accessible sur le lien: https://doi.org/10.1109/PERCOM.2016.7456520.
[682] IDEFI CréaTIC et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents*, 22.

activités physiques[683]. En conséquence, ces tenues sont utiles au cours de l'entraînement[684] pour mesurer les performances personnelles et suivre le sportif au cours de son effort. Mis à part le fait qu'elles ont la capacité de mesurer et de surveiller les paramètres physiques, elles assistent, accompagnent les sportifs et elles les aident à améliorer et à accroître leur performance. Tout ceci bien-sûr en assurant un haut niveau de bien-être. Les tenues de sports intelligentes présentent de plus en plus un réel intérêt que ce soit pour les sportifs amateurs, les sportifs de haut niveau ou des athlètes. Elles fournissent plusieurs avantages à ces derniers selon leurs spécialités et leur centre d'intérêt. Signalons que les sportifs professionnels sont plus ciblés par ce genre de produit-service. Ryan Harbison, analyste pour ABI Research, explique que : *« les vêtements intelligents ciblent aujourd'hui dans la plupart des cas les sportifs professionnels »*[685].

C'est pourquoi nous avons préféré mettre en lumière l'exemple du projet suivant qui portera sur la course et l'utilité d'avoir une combinaison de pointe et des chaussettes intelligentes afin de mieux adapter son effort mais également ses mouvements.

Système de course – " Sensoria "

Le projet "Système de course" – "Running system" conçu par Sensoria[686] est un kit complet de e-textile intelligent composé d'un vêtement supérieur (un t-shirt de fitness) et d'une paire de chaussettes. Le tout est fourni avec deux modules intelligents connectés. Un boitier inséré au haut. Mais en plus un bracelet de cheville inséré aux chaussettes. Ces deux éléments électroniques sont reliés par Bluetooth à une application mobile "Sensoria Run" destinée à surveiller l'activité du coureur amateur[687] et à le coacher.

Ce produit textile vient remplacer l'usage des accessoires usuels tels que les bracelets et les montres connectés classiques.

---

[683] Björn Schmitz et al., " Continuous Vital Monitoring and Automated Alert Message Generation for Motorbike Riders ", *Proceedings of the Computing in Cardiology Conference (CinC)* (Nice, 6–9 September 2015), 397–400, accessible sur le lien: https://doi.org/10.1109/CIC.2015.7408670.

[684] Zhou et al. " Never Skip Leg Day: A Novel Wearable Approach to Monitoring Gym Leg Exercises ".

[685] Guillaume Serries, " Vêtements connectés : +46% de croissance par an jusqu'en 2021", *ZDNET*, 3 juin 2016, accessible sur le lien : https://www.zdnet.fr/actualites/vetements-connectes-46-de-croissance-par-an-jusqu-en-2021-39837798.htm, consulté le 16 Juin 2020.

[686] " Sensoria Artificial Intelligence sportswear ", *Sensoria*, accessible sur le lien : http://www.sensoriafitness.com/.

[687] Bernard Neumeister, " Sensoria, un système intelligent complet pour la course ", *Info High Tech, Toute l'actualité dur les hautes technologies*, 17 septembre 2015, accessible sur le lien : https://www.infohightech.com/sensoria-un-systeme-intelligent-complet-pour-la-course/, consulté le 30 Juin 2020.

Figure 46. Kit complet "Running System" (Sensoria)
http://www.sensoriafitness.com/

Ce kit de produits-services est utile dans le sens où il est quasi irremplaçable puisque le sportif ne peut se permettre de sortir sans sa tenue mais qu'il peut avoir le choix de porter ou non sa montre.

Nous allons expliquer le fonctionnement des éléments constituant ce kit. Le haut de sport intelligent aide le sportif à mesurer les paramètres vitaux en temps réel. Les relevés concernent la mesure de la fréquence cardiaque grâce aux électrodes intégrées dans le tissu. C'est par le biais de module associé au vêtement que se mesurent ces fréquences.

Figure 47. Haut " Running System " (Sensoria)
http://www.sensoriafitness.com/

Les chaussettes intelligentes contiennent des capteurs de pression souples incorporés dans le tissu et un accéléromètre intégré dans un module électronique sous forme de bracelet détachable qui permet de mesurer le nombre de pas, la vitesse, la cadence, la durée du contact de la plante du pied avec le sol, la technique d'atterrissage du pied, le rythme, la distance, les calories brulées, …[688]. Ce bracelet fournit un condensé de mesures qui aide le coureur à mieux gérer son effort et sa cadence.

Figure 48. Kit chaussettes " Running System " (Sensoria)
http://www.sensoriafitness.com/

Les technologies embarquées dans la tenue intelligente permettent de générer les données mesurées et de les envoyer à l'application associée. Une fois afficher sur l'interface de l'application téléphonique, l'IA[689] fournit des conseils au fur et à mesure que ces données changent et évoluent. Le calcul se fait en temps réel et permet à l'algorithme de l'IA de s'adapter à ces transformations pour mieux interagir avec le porteur. C'est à partir de la multitude de ces statistiques que dépendra la manière d'agir de l'IA. Une fréquence cardiaque qui augmente rapidement est le signe d'une fatigue qui pourrait survenir plutôt que prévu. L'IA pourrait dans ce cas de figure signaler au porteur de mieux mesurer la cadence de son effort. La tenue communicante aide son porteur à surveiller et à améliorer sa performance sportive pendant l'entraînement en analysant les données des capteurs et en les adaptant aux conditions changeantes à travers un coaching personnel. Les notifications sont sous forme de signaux audio. Elle permet aussi d'identifier les mouvements non adaptés et de prévenir le coureur en cas de risque de faux mouvements à répétition à travers des recommandations sonores.

[688] Austin Leavitt, " Sensoria Smart Running System: Smart Socks (and Shirt) with Integrated Sensors ", *Gear for life*, accessible sur le lien: https://gearforlife.com/sensoria-socks, consulté le 29 Juin 2020.
[689] IA: Intelligence Artificielle

Ce schéma résume le mode fonctionnement du "Smart Running System" :

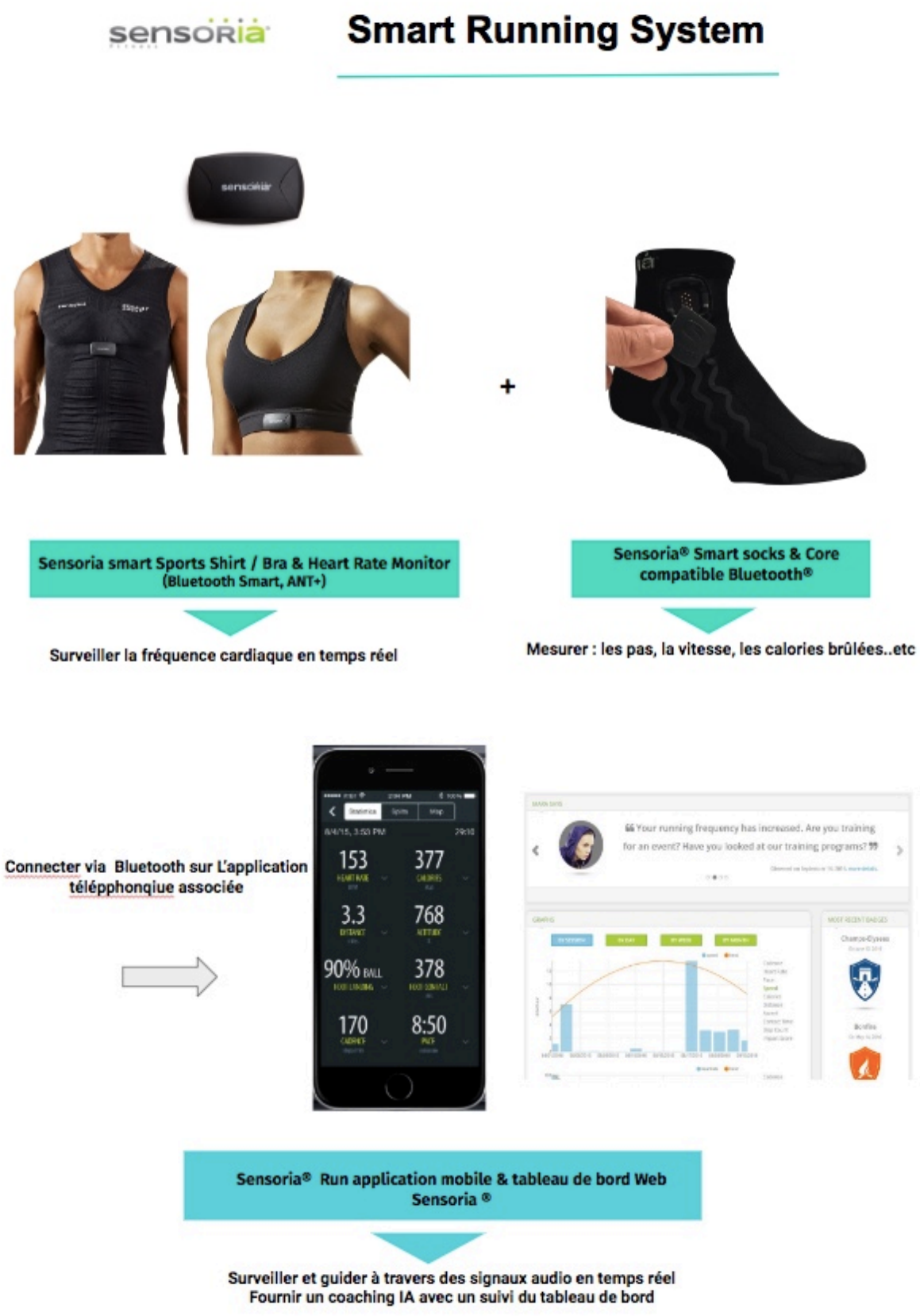


Schéma 18. Mode de fonctionnement " Smart Running System "

L'intelligence artificielle de ce projet permet d'avoir accès à un coaching personnel en temps réel[690]. Grâce aux algorithmes avancés, les projets de textiles dits "très intelligents" tels que "Sensoria" sont capables de capter, d'analyser une information puis d'agir instantanément en fonction des données recueillies à partir d'une capacité de mémorisation et d'apprentissage. Celle-ci s'adapte selon le profil du sportif et le nombre de données enregistrées au préalable. L'intelligence artificielle va ouvrir la voie au développement d'algorithmes très développés pour le secteur des e-textiles. Ceci permettra aux vêtements intelligents un apprentissage à partir de l'expérience de l'usager et de réagir de façon naturelle face à de nouveaux scénarios. Le textile "très intelligent" est présenté par le laboratoire de recherche sur les textiles "GemTex", comme étant : *« textiles « très intelligents » c'est-à-dire dotés de capteurs mais aussi de mémoire, de capacités de traitement des données et d'apprentissage via des algorithmes. Un textile à la croisée de la science des matériaux, de l'électronique et de l'intelligence artificielle qui est au cœur des enjeux industriels actuels »*[691].

L'interaction est comme suit :

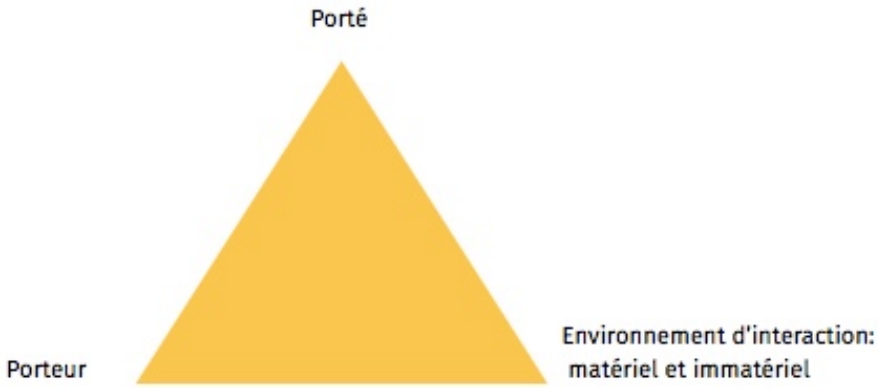


Schéma 19. Triade relationnelle " Running System "

Nous revenons dans cet exemple au schéma à trois intervenants :

[690] Muchaneta Kapfunde, " Artificial Intelligence, the "Brain Power" Behind Next Generation Smart Textiles: Can artificial intelligence create the next wonder material? ", *FASHNERD*, accessible sur le lien : https://fashnerd.com/2018/01/ai-artificial-intelligence-smart-textiles/, consulté le 26 Mai 2020.
[691] IDEFI CréaTIC (université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents*, 11.

- Le porteur qui enfile la tenue et lui permet de mesurer son effort suite aux changements que subissent ses signes vitaux (le haut), la fréquence des pas, leurs intensités, le mouvement, l'appui, etc. (les chaussettes).

- Le porté qui mesure, analyse et adapte l'effort suite aux analyses effectuées sur les mesures relevées. Ceci lui permettra d'aboutir à des combinaisons de résultats dont les conclusions seront affichées en tant que conseils de coaching sur l'application associée.

- L'environnement d'interaction qu'il soit matériel (l'objet téléphonique) ou immatériel (application téléphonique associée).

Dans cet exemple nous pouvons constater que ce kit offre un nouveau modèle interactionnel et un autre type de relation entre le porteur qui est le coureur dans notre cas et le porté qui est l'ensemble des e-textiles intelligents. Le porteur n'a plus besoin grâce à ce produit-service de coach personnel réel pour suivre son activité sportive. Le vêtement intelligent pourra effectuer cette activité de guider le coureur et suivre son rythme personnel. L'interaction se fait entre porteur et porté sans qu'il n'y ait intervention d'un troisième intervenant humain. C'est une nouvelle sorte de dialogue et d'interaction entre homme et machine. La machine saute une étape grâce à l'évolution de son intelligence. Elle remplace l'intervenant qui aurait dû être humain et s'y substitue.

En général, les différents projets e-textiles intelligents appartenant au domaine du sport et présents sur le marché proposent seulement des fonctions de monitoring. Or, le projet que nous avons choisi d'analyser offre en plus du monitoring un service de coaching personnel ce qui n'est pas aussi simple comme ajout. Cette valeur ajoutée à l'objet e-textile le transforme en une sorte d'avatar immatériel présent au moment de l'entrainement pour conseiller et diriger les exercices pour tirer le meilleur des efforts fournis par le porteur. C'est pour cette raison que nous nous sommes contentés d'analyser un seul projet car il synthétise et englobe le tout.

Pour conclure, les nouvelles tenues de sport intelligentes ont la capacité de surveiller les paramètres vitaux (rythme cardiaque, fréquence respiratoire, température corporelle, …), le nombre de pas, le nombre de calories brulées, le niveau de fatigue, la vitesse, le déplacement, la localisation via GPS, … de leur porteur en temps réel. C'est à dire les efforts fournis et la

réaction de son corps. Ils sont munis de capteurs permettant de recueillir des données instantanément et de les envoyer instantanément vers l'interface de l'application associée. Les résultats des analyses effectuées à travers l'algorithme associé à l'application offrent la possibilité d'assurer un coaching personnel sur mesure via un programme d'entraînement personnalisé. Le but souhaité est d'optimiser l'effort, d'accroître la capacité, le niveau et d'améliorer la performance. Ainsi, « *[l]es vêtements de sport connectés fournissent des indications de performance et permettent à leurs porteurs d'évaluer leurs progressions et d'adapter leurs entraînements à leur physiologie* »[692]. Certains e-textiles comme le cas des semelles intelligentes sont même capables de fournir leur propre énergie. Aujourd'hui le mouvement du sportif pendant l'activité physique permet de recharger la tenue électriquement grâce à un générateur d'énergie. Cela dans le but d'être autonome énergiquement.

Ces innovations montrent comment la technologie associée au secteur du textile offre plusieurs débouchés dans plusieurs domaines facilitant ainsi la vie des porteurs mais également les tâches des professionnels des domaines ciblés par ces applications. Ceci est clair en effectuant une comparaison entre l'application dédiée au domaine de la santé et celle, vue dernièrement, associée au domaine sportif.

En effet, tout à l'opposé du module médical, l'application sportive interagit et conseille son porteur alors que le module médical ne peut que mesurer et envoyer les relevés au médecin traitant. Nous avons avec le module sportif une certaine forme d'échange et même de dialogue qui s'établit entre le porteur et le tissu intelligent. Le coureur fournit un effort. Le tissu effectue les mesures, les envoie, mais en plus, il les analyse et fournit des conseils permettant au coureur de perfectionner ses mouvements ou sa cadence. Le sprinter peut dès lors appliquer ces conseils et fournir ainsi un meilleur rendement. Le personnel présent dans la plateforme médicalisée a été remplacé par l'avatar du coaching personnel.

Ce qui est à signaler dans ce dernier exemple est que la présence humaine est encore nécessaire et obligatoire. Cela est dû certainement à la sensibilité des données et à leurs applications qui reste du domaine du vital. Or cette présence n'est plus nécessaire dans la seconde et est remplacée par une intelligence artificielle qui supplée celle de l'homme.

[692] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 44.

Nous allons aborder maintenant le domaine de la sécurité et des vêtements du domaine du travail. Ces tenues peuvent tirer profit des innovations technologiques. Une fois acliquées aux vêtements professionnels, les possibilités du point de vue de la sécurité et de la prévention deviennent illimitées. Nous allons le voir dans la partie suivante et à partir des exemples cités.

c. Sécurité et protection professionnelles : " Workwear "

Comme nous l'avons signalé dans la deuxième section avec le projet "Motherboard", les technologies les plus développées et innovantes sont stimulées par les applications militaires qui inspirent par la suite les autres métiers à risque ou ceux pratiquer dans des conditions extrêmes tels que c'est le cas pour les pompiers. *Le rapport « technologie et soft Power », à commenter à ce propos : « Certaines technologies sont parvenues à être adoptées notamment dans les équipements de protection individuels, en particulier chez les militaires. Les pompiers peuvent aussi revêtir des capteurs en mesure de contrôler la température à l'intérieur et à l'extérieur de la combinaison et ainsi alerter son porteur en cas de conditions critiques. Mais évidemment, lorsque l'on aborde la question des vêtements intelligents, c'est bien l'aérospatiale qui est la reine de la discipline, les combinaisons des astronautes étant de véritables condensés d'ingéniosité et de micro-technologie »*[693].

Les différentes innovations appliquées à d'autres métiers peuvent proposer des débouchés offrant plus de sûreté et de sécurité aux professionnels des métiers à risques et ceci à travers l'application des différents concepts dégagés par les avancées et les applications militaires. Celles-ci sont pensées pour optimiser les performances des soldats lors d'une présence en zone de conflit. L'armée cherche toujours à être la plus performante. C'est une de leurs préoccupations majeures d'où l'intérêt qu'elle porte vis-à-vis des recherches sur les e-textiles performants. Ils assurent la sécurité, le confort en plus du fait de garantir une condition physique optimale. L'enjeu de ces innovations réside dans le fait de répondre au mieux aux besoins des usagers lors de leurs interventions quelle que soit leur profession. Les nouveautés destinées au secteur de la défense et du militaire sont conçues avec une grande rigueur et une grande minutie et elles sont soumises à des tests assurant leurs fiabilités. Suite à l'évolution fulgurante des technologies, les militaires ont toujours été les premiers à y voir des

[693] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 48.

applications dont ils pourraient tirer bénéfices. L'essor des outils de détection à distance et de géolocalisation leur permet de suivre le mouvement des troupes.

Les tenues protectrices des soldats sont conçues consciencieusement pour affronter les rigueurs du milieu environnant en s'adaptant aux changements climatiques extrêmes qu'affrontent les soldats lors de leurs missions. De plus les tenues leurs permettent de rester reliés entre eux d'une part et d'interagir avec le cartier général d'autre part. Si risque il y a, celui-ci peut être évalué à distance par un responsable. La supervision des mouvements de troupes alliées ou ennemis peut se faire instantanément à partir de la géolocalisation et des caméras embarquées sur les tenues. Ainsi l'intervention du superviseur ne consiste pas uniquement à suivre l'évolution de la mission mais également la sécurité des troupes. Si le besoin d'évacuer des soldats hors du champ de bataille se présente, il est habilité à chercher les meilleurs itinéraires pour que celle-ci s'effectue dans les conditions les plus optimales. Ces vêtements et équipement dotés de systèmes intelligents aident ainsi leurs porteurs en assurant la protection, l'amélioration des performances, la surveillance, l'augmentation des champs d'intervention externes si l'intervenant nécessite des conseils ou des ordres précis afin de bien mener sa mission. Certainement, nous insistons sur le fait que nous sommes vis-à-vis d'un dialogue humain-humain mais que celui-ci ne peut être optimale que si des données bien précises sont relevées et transmises à l'un d'entre eux. Or, la pierre angulaire de ce dialogue reste la technologie embarquée au tissu. Sans elle le dialogue ne pourrait s'établir qu'à travers des outils archaïques. Nous pouvons en citer le talkie-walkie ou les émetteurs-récepteurs-radio portatifs. Ces technologies classiques ont fait leur temps et ne permettent pas d'atteindre la perfection souhaitée et recherchée dans les différents domaines dans lesquelles elles sont appliquées. Le projet motherboard était pionnier et précurseur en ces temps bien qu'il ne donne pas encore la possibilité d'interagir directement par le biais de la parole avec la base. L'innovation résidait dans le fait que le tissu intelligent aide à déterminer les points d'impact d'un projectile pouvant entrainer une blessure externe ou des séquelles internes indétectables à l'œil nu. Les outils de mesure des signes vitaux permettent de suivre l'évolution de l'état physique d'un soldat et de voir les différents changements qui peuvent y survenir. A partir de là, un opérateur peut intervenir et appeler à ce qu'une intervention soit faite pour trouver les raisons de cette altération. Nous voyons ici comment les technologies et leurs applications dans le domaine militaire sont interconnectées et que l'une ne peut être efficace sans la présence de l'autre.

Que vaudrait le fait de détecter une anomalie dans les signes vitaux si elle ne peut être partagée avec une personne qui pourrait y remédier ? Que vaudrait l'usage de la géolocalisation si les informations ne peuvent être rafraichies en temps réel ?

Toutes ces questions montrent l'inter relation entre ces technologies mais également qu'ils ne peuvent atteindre, pour certaines, un degré optimal de performance sans la présence d'une relation reliant l'homme et la machine. Le projet Motherboard appuie et montre clairement les limites de la technologie embarquée au tissu en son temps. Or, l'intégration de micros et de caméras ouvrira de nouvelles possibilités communicationnelles. Une grande recherche s'opère alors sur l'ergonomie de la tenue et le développement des usages adaptés aux besoins spécifiques. L'intégration des dispositifs de communications dans le e-textile va évoluer rapidement dans des applications militaires et autres métiers à risque permettant ainsi un meilleur transfert de données en temps réel. C'est un vrai défi pour ce secteur d'application qui nécessite toujours une prise de décision rapide et immédiate dans les cas extrêmes.

Le schéma ci-dessous présente trois étapes aboutissant à l'échange de données à travers un système de communication pour des soldats en champs de bataille.

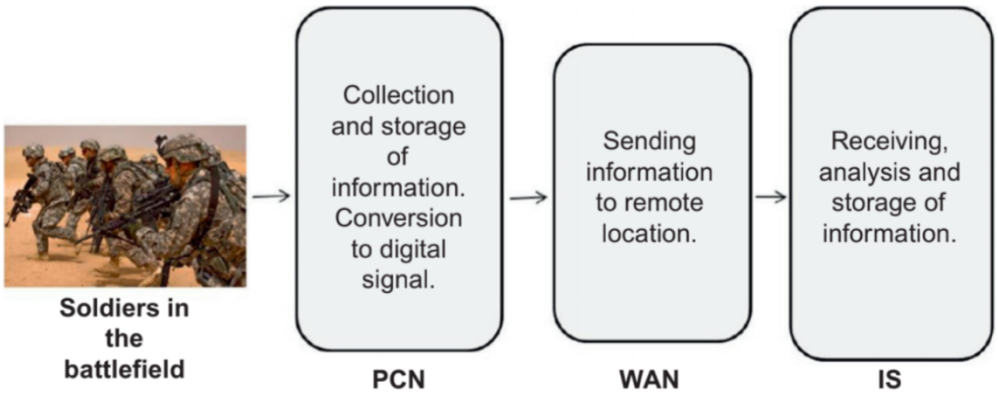


Figure 49. Trois domaines de dispositifs de communications pour des applications militaire
(R.Nayak, L. Wang, R. Padhye, 2015)

En premier lieu, le processus est basé sur la collecte et le stockage de données. Celles-ci seront par la suite converties en signal digital. En deuxième lieu, ces informations sont transmises vers la base militaire quelle que soit la distance qui la sépare du lieu de

l'affrontement. En troisième lieux, ces informations sont reçues, analysées et permettent de prendre une décision à leur lumière[694]. L'interaction reliant l'humain au tissu est de plus en plus contiguë et l'efficacité de l'un dépend de la présence de l'autre. Ce point sera mieux analysé dans l'exemple qui suit.

Broadsword® Spine®

Nous allons analyser un exemple de e-textile conçu pour le secteur militaire intitulé "Broadsword® Spine®". Il s'agit d'un dispositif qui a la possibilité d'être intégré aux tenues des soldats réalisés par "BAE Systems" en collaboration avec la société "Intelligent Textiles Limited (ITL)" leader mondiale en développement de e-textile. C'est un harnais qui s'ajoute à un des éléments de la tenue des soldats qui peut être soit le gilet, soit la veste, soit la ceinture[695].

Ce harnais est composé d'un tissu conducteur intégrant des composantes interconnectées permettant d'une part de générer de l'énergie et d'autre part de transférer des données. Cet e-textile est alimenté par une batterie de petite taille placé sur le bas du dos. Elle permet à travers le transfert d'électricité d'alimenter le système portable. Il s'agit d'un système moins encombrant et facile à porter. En effet, il remplace l'attirail que portait les soldats et qui pèse énormément lourd. Il contient aussi une série de huit ports USB qui permettent de lier les appareils électroniques nécessaires entre eux directement sur leurs uniformes grâce au système de gestion des données[696].

[694] Tilak Dias, *Electronic Textiles: Smart Fabrics and Wearable Technology*, 246.
[695] David Szondy, " BAE Systems' Broadsword Spine turns soldier's clothing into power/data hub ", *New Atlas, accessible sur le lien:* https://newatlas.com/bae-systems-broadsword-spine/44342/, consulté le 23 Juin 2020.
[696] " Delivering the Next Generation of Connected Clothing ", *Bae Systems*, 11 Juillet 2016, accessible sur le lien: https://www.baesystems.com/en/article-broadsword-spine, consulté le 24 Juin 2020.

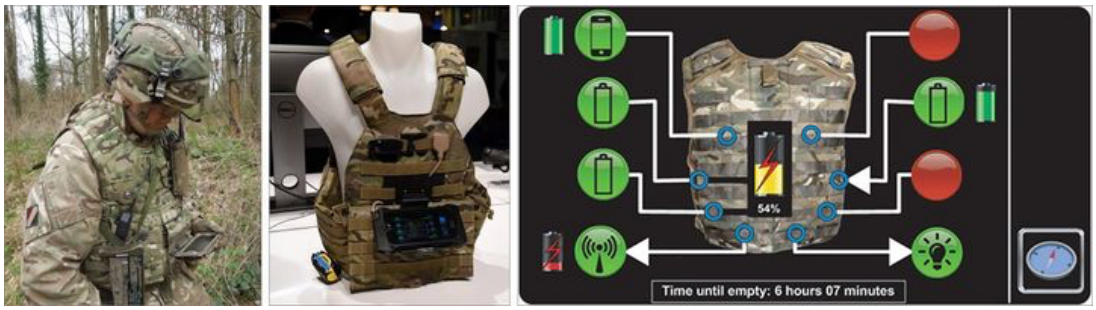


Figure 50. Broadsword® Spine®
(BAE SYSTEMS Broadsword® Spine® Light Weight Technology, 2016, 2017)
www.baesystems.com

Ce système a été conçu spécialement pour les soldats ou les différents agents de la sécurité publique afin de leur assurer un maximum de confort dans l'usage. Ils ne sont plus obligés de transporter avec eux plusieurs appareils connectés et de source d'alimentation de grandes de tailles et lourdes : tout ce dont ils ont besoin se trouve dans cette solution. La problématique résolue est d'offrir au soldat une alternative plus pratique et plus ergonomique permettant un accès plus direct à plusieurs informations en même temps. Ainsi le soldat a à disposition un dispositif textile flexible, léger, robuste et donc durable, moins encombrant, admettant l'accès à une source d'énergie nécessaire pour le maintien en marche des appareils électroniques dont il a besoin. Autre point fort, et non des moindres, de ce harnais, sa capacité à résister à l'eau, au feu, au choc et à l'humidité.

En conclusion, cet exemple de e-textile ne peut être considéré comme un textile intelligent car il n'est qu'un médium entre d'autres dispositifs électroniques. Il n'empêche que ce dispositif est électrique et électronique à la fois. Il offre des solutions nécessitant le recours à un panel d'innovations nécessitant le recours à un échange électrique et électronique. La révolution réside dans le fait que cet échange n'est plus effectué d'une manière classique et donc filaire, mais que c'est le tissu lui-même qui se charge de conduire l'électricité ainsi que les données. D'autant plus que ces dernières ne peuvent être gérée qu'à partir d'un module électronique. Ce harnais est donc considéré comme une batterie de petite taille pouvant alimenter les appareils et échanger les données entre eux. Son utilité réside dans le fait qu'il

remplace des dispositifs plus encombrants et plus lourds. Il facilite les mouvements et les déplacements des soldats en milieu hostile. D'autant plus que l'accès aux données est plus rapide et quasiment instantané puisqu'il n'y a presque plus aucun besoin d'accéder à son téléphone ou à tout autres appareils électroniques. Par ailleurs, le recours aux fils encombrants est désormais remplacé par le textile conducteur lui-même. Il faut souligner que ce projet n'est pas uniquement destiné à une application militaire. Il est une solution pour d'autres métiers nécessitant le transport d'appareils électroniques énergivores. Les anciennes solutions imposaient le recours au transport de batteries lourdes et encombrantes, ce qui handicapait et entravait lourdement les mouvements des utilisateurs.

D'autres métiers à risques constituent une cible importante pour le développement de beaucoup d'innovations dans le champ des e-textiles afin de réduire les risques rencontrés lors de l'exercice de ces professions : *« Les métier à risque ou pratiqués dans des conditions extrêmes, qui vont des pompiers aux marins-pêcheurs en passant par l'aérospatial et la défense constituent un terrain très propice aux applications en matière de smart textile »*[697].

Nous allons dans ce sens présenter une autre tenue professionnelle conçue pour les sapeurs-pompiers dans le but d'augmenter leur sécurité durant leurs interventions.

Veste de pompier intelligente " Balsan "

La tenue intelligente dédiée au pompier a vu le jour à partir de la collaboration de la "PME BALSAM", de "la marine nationale de Brest" et "du bureau d'étude de la société TECKNISOLAR"[698]. De cette rencontre va se développer une tenue dédiée à la sécurité et à l'assistance des pompiers lors de leurs interventions en milieu dangereux. L'idée de départ était de parvenir à perfectionner les tenues des soldats du feu afin d'aboutir à une solution pouvant les maintenir en sécurité et parvenir à leurs porter assistance même au milieu des éléments les plus dangereux.

Il s'agit d'une tenue complète composée de plusieurs éléments de type textile et non textile : un casque avec caméra, un masque avec des écrans intégrés et veste textile munie de capteurs

[697] IDEFI CréaTIC (Université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents*, 24.
[698] Enseigne de vaisseau Luc Brohan – marin-pompier, " La tenue de pompier, du troisième millénaire ", accessible sur le lien : http://marine.marins.free.fr/accueil/pompier.pdf, consulté le 15 février 2022.

communicants vers un poste central[699]. Celle-ci permet d'assurer la communication entre le pompier et la base lors de la mission. Comment parvenir à créer une telle veste sans avoir à la barder de tous ces gadgets tous plus volumineux et plus lourds les uns que les autres ?

Figure 51. Les éléments électroniques intégrés dans le projet de veste intelligente des pompiers (©RCI, 2015)

www.smartatfire.eu

L'exemple est encore une fois insufflé par un projet militaire. Celui-ci est mené sous l'égide de la société Sagem. Ce projet consiste également en une veste pour usage militaire. Celle-ci dénommée « Félin » est dotée de différents capteurs conçus pour relever certaines mesures vitales. L'approche est la même sauf du côté du poids car il a été décidé que les différents éléments qui vont être confectionnés dans le tissu devaient être les plus légers possible. Ainsi, si la veste Félin pèse 30 kg, il était impossible qu'un tel poids soit ajouté à la combinaison d'un pompier en exercice. Il fallait déjà prendre en considération qu'une telle décision aurait un impact négatif sur la fiabilité d'un agent déjà alourdi d'une bouteille d'oxygène et d'autres objets nécessaires au bon déroulement de sa mission[700].

La solution de la miniaturisation des composantes électroniques va jouer un rôle majeur dans le perfectionnement de la fiabilité d'une telle solution e-textile. Les capteurs deviennent ainsi

[699] Enseigne de vaisseau Luc Brohan – marin-pompier, " La tenue de pompier, du troisième millénaire ".
[700] "Les textiles techniques tissent leur révolution industrielle, Cas PME : Balsan, une veste de pompier intelligente ", *Journal du net*, 24 Avril 2013, accessible sur le lien : https://www.journaldunet.com/economie/industrie/1114314-les-textiles-techniques-tissent-leur-revolution-industrielle/1114321-cas-pme, consulté le 21 Juin 2020.

de plus en plus discrets et invisibles. Cette nouvelle génération de vêtement intelligent, bien que à haute augmentation de matériel électronique, doit conserver les propriétés essentielles de l'ancienne uniforme d'intervention d'un pompier qui doivent être la légèreté, le confort dans l'usage, la résistance au feu et à la chaleur.

Nous allons nous focaliser sur l'analyse des fonctionnements intelligents et communicants qui composent l'objet textile qui est la veste. La veste accomplis ses tâches quand elle est allumée. La veste est constituée de plusieurs éléments électroniques intégrés dans le support textile. Nous allons pour cela nous référer à l'image (voir plus haut) du projet de la veste intelligente des pompiers figurant dans l*e cahier de veille : les textiles intelligents*[701] pour pouvoir identifier et indiquer le fonctionnement des détecteurs et des capteurs intégrés[702] :

Le fonctionnement du casque est comme suit :

- Filmer, même dans l'obscurité totale, la scène et transmettre les enregistrements audio-vidéo à l'interface de l'ordinateur centrale en direct, d'une part. Détecter les zones de haute température, d'autre part. Tout ceci à l'aide d'une caméra thermique infrarouge placée sur le casque du pompier.

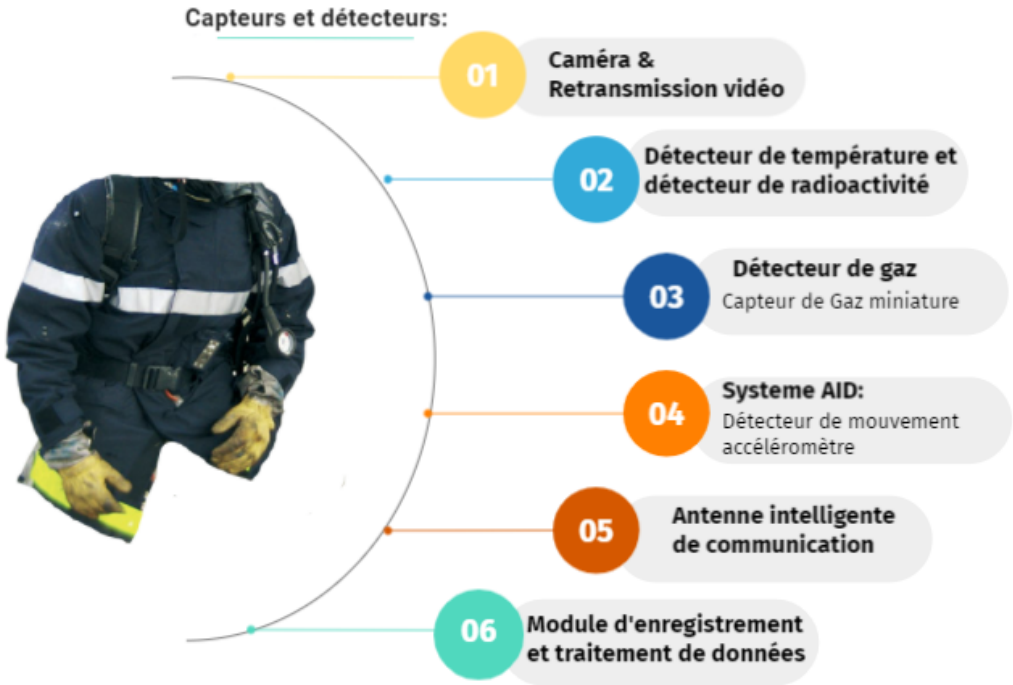
Le fonctionnement de la veste est comme suit :

- Mesurer la variation de la température et le taux de radioactivité dans la pièce à l'aide des détecteurs qui en sont capables.
- Mesurer le taux de fumée dans l'espace de la pièce à l'aide d'un détecteur de gaz.
- Détecter le mouvement et les déplacements des pompiers à l'aide d'un accéléromètre. Si celui-ci est inerte durant plus de 15 secondes une alerte se déclenche et avertit la base du danger qu'encourt l'intervenant.
- Localiser la position du sapeur-pompier à l'aide d'une antenne intelligente de communication qui contient un système GPS couplé à un GSM. Elle permet de l'identifier en cas de risque mais aussi d'envoyer sa localisation aux équipes de secours.

[701] IDEFI CréaTIC (Université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN, *Cahier de veille : les textiles intelligents*, 20.
[702] Suzanne Paquin, " TECKNISOLAR SENI. Références sur plusieurs innovations et brevets ", *DOC PLAYER*, accessible sur le lien : https://docplayer.fr/12289658-Tecknisolar-seni-references-sur-plusieurs-innovations-et-brevets.html, consulté le 21 Juin 2020.

- Enregistrer et de suivre les paramètres vitaux et les constantes physiologiques du pompier : température corporelle, rythme cardiaque, taux d'humidité… à travers des capteurs insérés à l'intérieur et à l'extérieur de la veste. Ils permettent au pompier d'être au courant des différents taux cités précédemment et d'anticiper les risques. Si ce n'est pas le cas, un dispositif d'alerte se déclenche si un taux venait à dépasser un certain seuil. Il alerte, dès lors, le porteur et lui signale qu'une évacuation des lieux est nécessaire pour qu'il ne se trouve pas en danger.
- La veste est dotée d'une solution lumineuse permettant d'éclairer l'espace. Ceci offre la possibilité d'avoir les mains libres et de ne plus avoir recours à une lampe torche.

Le Scénario d'usage se présente comme suit : Les différentes données enregistrées par les capteurs et les détecteurs cités plus haut sont envoyées vers les interfaces appropriées. Afin d'éviter les risques, différentes sortes d'alarme sont émises en cas de situation critiques. Elles peuvent être sous forme d'alertes lumineuses, sonores ou audio. Celles-ci sont déclenchées suite à l'analyse, au traitement et au renvoie des données récupérées par les différents capteurs.



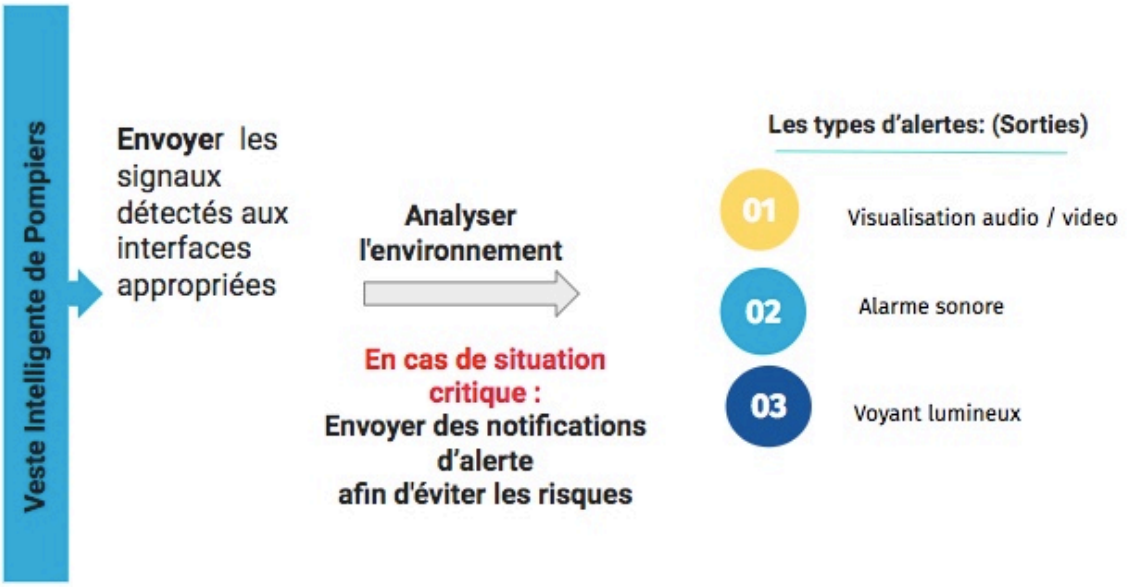


Schéma 20. Schéma de fonctionnement interactif de la veste intelligente " Balsan "

Cette nouvelle tenue de pompier intelligente offre à son porteur une nouvelle approche interactive à partir des différents services offerts. Le pompier, alors qu'il était par le passé restreint à une communication orale ne dépassant pas la scène d'intervention et se limitant au collègue le plus proche. Celle-ci s'est vue élargie pour dépasser ces frontières. Le pompier peut désormais communiquer de plusieurs façons. Avec ses coéquipiers sur le lieu de l'intervention. Avec ses superviseurs en dehors du lieu du sinistre. Avec sa combinaison puisqu'elle lui transmet différentes informations qu'il prend en compte et qu'il traduit en acte en réaction à ceux-ci. La veste devient ici une sorte de tierce personne qui, grâce aux différentes données relevées, vient porter assistance au pompier. Elle peut par exemple lui faire rebrousser chemin suite à une alarme qui viendrait indiquer que la température est extrême et que continuer pourrait exposer l'intervenant à un grave danger.

Donc, c'est une forme inédite de dialogue relationnel qui se tisse entre les différents actants. La réunion de l'environnement (le milieu dans lequel évolue le pompier), du porteur et du porté forme la triade relationnelle suivante :

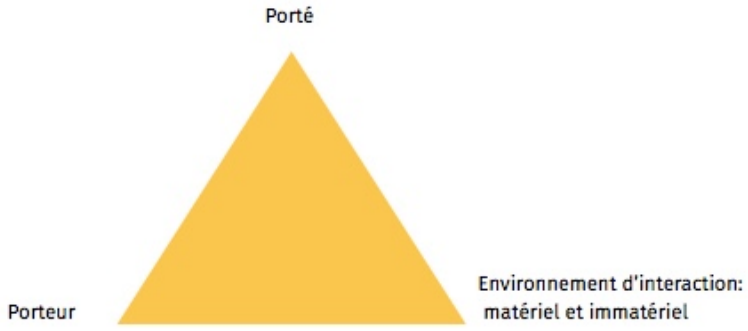


Schéma 21. Triade relationnelle " Balsan "

L'usage de l'uniforme de protection a changé de vocation. Aujourd'hui, le vêtement intelligent est capable d'avertir son porteur des risques de l'informer, de le guider voire de le protéger à un certain degré des risques et des dangers qu'il peut affronter lors de l'exercice de sa mission. La fonctionnalité communicante permet de créer une relation interactive entre le porteur et le porté basée sur les fonctionnalités intelligentes offertes par ce type de vêtement électronique.

Pour conclure, depuis toujours le secteur textile présente une réelle opportunité pour le domaine de la sécurité et les vêtements professionnels. Or, nous tenons tout de même à signaler que l'un des aspects primaires du vêtement est de proposer une forme de sureté à son porteur. Quelle que soit sa matière, sa forme ou sa méthode de confection, son utilité première et primaire a toujours été de revêtir un corps fragile. Les recherches dans le domaine se sont inspirées de ce concept fondamental pour ouvrir de nouvelles opportunités aux utilisateurs-cibles.

Nous allons passer maintenant à l'analyse d'un autre domaine d'application qui est celui de la mode auquel peut également être appliqué la technologie.

1-2- E-textiles connectés et Mode High Tech : " Fashion Tech "

Le rapport Technologie and Soft power présente la mode comme suit : « *[l]a mode, en tant que système, peut se définir à travers quatre caractéristiques : des produits ou services à cycle court ; l'incorporation d'une dimension créative et esthétique ; le fait d'être souvent lié*

à une marque ou à un créateur ; une capacité à saisir et parfois à devancer l'air du temps. Ces quatre caractéristiques s'appliquent tout particulièrement à ce qu'on appelle le secteur de la mode ou l'industrie de la mode, dans son sens global et dont le vêtement est le cœur »[703]. Or, nous ne pouvons nous contenter uniquement de cette définition puisque notre centre d'intérêt a vu émerger une autre caractéristique qui lui a été ajoutée. Cette caractéristique se trouve être dans le domaine qui servait à confectionner le vêtement lui-même support et élément véhiculant la vision que l'on a de la mode. Ce domaine est la technologie. Nous tenons à éclaircir ce point, puisque la technologie a permis d'aboutir à une qualité de confection et de création pouvant friser la création artistique digne de tous les podiums et défilés. Ceci a fait émerger un engouement envers les grands stylistes et cela se ressentait même dans les cours des grands royaumes durant les siècles passés. La cour du Roi Soleil voyait déjà les courtisans et courtisanes se livrer bataille pour être les plus en vue et les plus rayonnants à travers leurs parures et leurs habits. Malgré la technologie encore rudimentaire, les musées prouvent encore que ces créations vestimentaires enchantent encore le public. Donc, cette technologie qui était et est encore au service de la création textile s'est vue attribuée un second rôle tout aussi important. Celui-ci est de créer un service à l'utilisateur / porteur dudit vêtement. Une valeur ajoutée à la fonction primaire du tissu / vêtement apportée par l'évolution technologique qui sera greffée sur, intégrée au tissu.

Nous sommes donc, dès à présent dans une sorte de mode vestimentaire mêlant tissu /textile et innovation technologique comme support d'une vision esthétique propre à une mode et à une valeur ajoutée technologique procurant à l'habit l'étiquette de vêtement support de la mode des nouvelles technologies dont nous sommes tous et toutes férus. Et ici un point commun peut être évoqué, celui de la course à la mode vestimentaire au cours des années 80-90 qui s'est épuisée et balayée par celle de la course à acquérir les nouvelles trouvailles et innovations technologiques qui fleurissent chaque jour. La mode vestimentaire peut avoir trouvé en cette nouvelle tendance une manne pour recréer et faire renaître l'engouement que lui vouait le public durant les deux dernières décennies précédant notre ère. Une sorte de renouvellement induit par la perte de vitesse d'un secteur pour le compte d'un autre mais qui se trouve être une aubaine pour celui du vestimentaire. Aujourd'hui, la technologie s'est imposée au secteur de la mode comme étant un domaine qui permettrait une plus-value d'ordre esthétique et de prospection des possibilités technologiques. La fusion de ces deux

[703] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 52.

secteurs va permettre de faire émerger de nouvelles caractéristiques propres à ce qui sera dorénavant connu sous le nom de la « Fashion Tech ».

Affinons encore plus en nous posant cette question : qu'entendons-nous par la "Fashion Tech" ?

Nous commençons par expliquer ce que nous voulons dire par l'expression « Fashion Tech » : "Fashion" emprunté à l'anglais veut dire "à la mode" et "Tech", abréviation de Technologique. Si nous devons expliciter ces deux termes nous dirons qu'ils signifient « être à la pointe de la technologie ». Il parait évident qu'être à la pointe des technologies omet le coter vestimentaire qui lui est relié car la première idée qui nous vient en tête lorsque nous entendons cette expression est que celle pour laquelle elle est adressée en sa procession les derniers produits de hautes technologies. C'est pourquoi cette expression doit être comprise dans le sens de « la mode à la pointe de la technologie ». Il s'agit de l'assimilation de deux domaines différents : la mode et la technologie. Ceci afin de créer une nouvelle tendance de mode. Une relation de complémentarité va s'établir entre la mode et la technologie. C'est une sorte d'osmose entre les deux secteurs. Le rapport Technologie Soft power affirme cette idée en attestant : « *Il est un fait : la mode et la technologie n'ont jamais été aussi proches. Que la technologie soit indispensable à la mode est une évidence* »[704].

Qu'est-ce qu'en fin de compte la "Fashion Tech" ?

Nous pouvons d'emblée la définir comme étant une innovation modifiant la chaine des valeurs inhérente au système de la mode vestimentaire[705]. Comme nous venons de l'expliquer, le nom indique déjà une fusion entre mode et technologie. Il suffirait de penser, à partir de cette fusion, que l'assimilation du domaine de la technologie par la mode est une sorte de renouveau d'un domaine qui peine à faire peau neuve. Cette piste peut être intéressante puisqu'elle a été tentée par Steve Mann depuis les années 70. Signalons tout de même que l'approche de ce dernier n'avait en aucun cas pour but d'être à la mode. Son unique souci était de montrer les différentes possibilités que pouvait fournir le vêtement auquel on appliquerait une solution technologique. Or, à contrario de cet exemple,

[704] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 25.
[705] D'après Coline Vernay : « [L]'innovation sur l'ensemble de la chaine des valeurs dans le système de la mode aujourd'hui »

l'innovation depuis ces tentatives réside dans l'évolution des deux domaines en parallèle. La mode vestimentaire, d'une part, profite des trouvailles concernant les recherches sur les nouveaux matériaux utilisés pour le tissu. La technologie, d'autre part en ce qui concerne la miniaturisation et le passage vers des composants électroniques non rigides ou des solutions où le tissu lui-même ferait office et remplacerait ledit composant.

Quels seraient les impacts d'une telle application "Fashion Tech" de part et d'autre de ces deux secteurs ?

En effet, la question doit être posée pour éclaircir les raisons d'un tel rapprochement et d'une telle fusion. La mode ayant été le fleuron de la haute couture mais également de la commercialisation du vêtement en tant qu'objet reflétant la personnalité de son porteur et en général de toute une vision en constante évolution de la société et du monde. Cette approche est toutefois plurielle car à chaque porteur son style propre à une mode. Or autant cette singularité du style peut être une aubaine autant elle est le nerf même de sa constante transformation et quête de nouveauté.

Cette approche n'est pas la même concernant le domaine de la technologie, car toute innovation bénéficie à tout un pan d'usages. La miniaturisation des composants ne s'est pas souciée de son impact social autant qu'elle a permis à différents domaines technologiques de bénéficier et de tirer profit des multiples nouvelles applications et inventions en découlant. L'ultime souci de la technologie est de rendre plus puissant voire plus performant un produit quel qu'il soit.

Dans quel sens ?

En outre, la technologie ne prend guère en considération le style et la mode comme priorité. Son ultime finalité est d'évoluer et faire évoluer le produit en question. Sauf que les domaines d'applications de la technologie lui octroient une importance majeure. Un constructeur d'ordinateurs portables, de téléphones, de tablettes, etc. à part le fait de donner une grande importance aux innovations techniques à la pointe déclinera son produit en plusieurs versions et couleurs afin de plaire aux différents goûts des consommateurs-cibles. Il faut signaler que ce dernier est tout de même restreint dans ces choix de déclinaison. Il ne peut se permettre de décliner son produit en une dizaine de forme ou designs différents. Il ne

pourra le faire que sur un nombre réduit de version de produit. La raison est que le coût de ces transformations sera hautement élevé d'où le choix de cibler les coques, leurs couleurs plus que les composants du modèle lui-même. Nous trouverons donc un modèle d'entrée de gamme et un second plus cher et de haute gamme. Ces deux modèles auront différentes couleurs, différentes coques et différents gadgets pouvant leur être ajoutés.

Ce même cheminement d'ordre conceptuel est applicable également au domaine textile et vestimentaire technologique. Le vêtement devient alors un support au profit de la technologie. Expliquons que le design table sur la simplicité pour garder un côté esthétique sobre et attrayant or l'innovation réside dans la fonction des composants électroniques incorporés. Preuve en est que l'apport technologique ajouté aux différents modèles cités auparavant[706] n'ont pas modifié l'apparence du vêtement mais ont permis d'ajouter d'autres fonctionnalités octroyant à l'habit une ou plusieurs fonctions dites "intelligentes". Actuellement, les vêtements intelligents sont davantage axés sur l'efficacité et la performance de la technologie intégrée plutôt que sur leur aspect esthétique. Cela permet également de réduire les coûts de production et d'augmenter la rentabilité des produits commercialisés. Ainsi, il est remarquable que cette combinaison permette de réaliser deux objectifs en même temps : susciter l'attrait pour un produit innovant et en faciliter l'accès.

De cette analyse, nous pouvons dire que l'innovation de la "Fashion Tech" provient du fait d'hybrider le vêtement, le transformant en une pièce matrice simple et basique à laquelle seront ajoutés des composants technologiques lui permettant de fournir différents services novateurs à son porteur. L'objet, ici n'est plus à la mode seulement suite à une approche d'ordre esthétique, formelle et stylistique. Il l'est surtout suite à l'ajout des services intelligents que le vêtement est capable de proposer à son porteur. Et ainsi de fournir une expérience utilisateur propre à chaque modèle imaginé et conçu selon un ou des besoins bien spécifiques et bien déterminés.

Sauf qu'il est tout de même nécessaire d'éclaircir le fait qu'une mode technologique se crée à partir des utilisations innovantes imaginées et rendues accessibles par les différents concepteurs. En effet, la course aux nouveaux "gadgets" représente le potentiel de ce domaine à garder l'utilisateur en une attente constante de nouveautés et d'amélioration d'expériences

[706] Combinaison militaire, combinaison de sapeur-pompier, vêtement de sport, maillot de bain, ….

d'utilisations. Ce point commun entre ces deux secteurs va être utilisé à bon escient afin de tirer profit de l'assimilation de l'un par l'autre. La "Fashion Tech" tire son intérêt des deux points suivants. D'une part, une mode de l'être se reflétant à l'apparat du porteur et d'autre part, une mode technologique facilitant le contact et l'interaction avec l'autre (assimilation de solutions propres à la téléphonie appliquées aux vêtements) et à soi (assimilation de solutions technologique permettant de s'évader et de se concentrer sur soi-même). Retenons ici comme point primordial que la "Fashion Tech" est la fusion de la mode avec les nouvelles technologies. Depuis toujours, la mode suit et s'adapte aux renouvellements des tendances, à la façon de vivre, de penser et d'être de la société qui sont en constante évolution. Actuellement, la mode et la technologie apparaissent comme étant deux domaines en mouvement continu visant une idéologie commune : opter pour que le vêtement soit un medium d'ouverture à l'interaction. Ces deux domaines travaillent de pair afin de développer de nouveaux vêtements intelligents, communicants, interactifs voire connectés. La "Fashion Tech" engendre donc une nouvelle norme d'évaluation des tendances dans le domaine de la mode qui est basée sur le degré d'intelligence du vêtement et est soulignée par une fusion considérable entre le monde de la technologie et le monde de la mode vestimentaire. C'est ainsi que le rapport Technologie et soft power souligne que : *« La technologie envahit aussi la mode et il ne s'agit plus de science-fiction, cela devient très concret. À première vue, la recette de la "Fashion Tech" est simple : c'est un mélange de mode et de technologie. Concept encore peu connu du grand public, il préfigure pourtant le futur de tout un secteur dans lequel les collaborations entre mode et technologie seront de plus en plus présentes »*[707].

Dans le même cheminement d'idée, une association portant le nom "Fashion Tech" a vu le jour suite à l'union entre mode et technologie. C'est une : *« [a]ssociation qui a pour objet d'encourager l'entreprenariat, le développement de projets innovants et durables ainsi que la recherche dans le domaine de la mode. L'association regroupe parmi les jeunes pousses, designers, chercheurs, personnalités les plus investies à la faveur de l'innovation notamment technologique dans la mode et le textile »*[708]. Le choix de cette appellation appuie encore plus l'idée de l'osmose entre ces deux domaines vus précédemment. L'idée maitresse de cette association pluridisciplinaire a pour perspectives et directives de faire répandre et de

[707] Groupe de travail transversal *« Technologie et Soft Power », le cas de l'industrie de la mode et du luxe*, 44.
[708] " Weaving Univesities and Companies to co-create Fashion Tech Future Talents ", *FTalliance*, accessible sur le lien : https://www.fashiontechalliance.eu/en/, consulté le : 05 Mai 2020.

promouvoir toutes sortes de recherches sur le plan théorique et pratique du vêtement et du tissu intelligent.

Pour conclure, avoir clarifié l'interaction entre les deux domaines, nous permet actuellement de mieux montrer que la rencontre de ces derniers ne pourra qu'être une innovation d'importance capitale donnant naissance à un nouveau style ou à une nouvelle mode appelée "Fashion Tech". Si l'innovation de l'objet technologique est restreinte d'un point de vue déclinaison et design, la mode en est exempte du fait que la pluralité des modèles permet son enrichissement et la floraison de la création. La technologie se base sur l'innovation permettant d'accéder à plus de puissance et de possibilité technique. La richesse de la mode est quand a-t-elle basée sur la pluralité des visions des différents stylistes et créateurs de mode. Une fois les deux domaines réunis, l'un et l'autre vont pouvoir dépasser les restrictions qui leur sont propres pour s'enrichir mutuellement. La mode se déclinant en plusieurs formes et styles et la technologie qui y est ajoutée pouvant être écoulée sur le marché d'une façon plus équitable. La "Fashion Tech" réussit ainsi à mettre à fleur de peau tissus et composants électroniques ce qui va multiplier à l'infini les possibilités d'utilisations et d'innovations dédiées à ce qui n'était auparavant qu'une seconde peau déclinée en divers style n'ayant pour fonction primaire que réchauffer et plaire. L'osmose permettra de rendre et de donner au tissu et à l'habit la fonction d'accompagner son porteur et de l'aider dans les diverses tâches quotidiennes qui étaient l'apanage des outils technologiques qu'ils ne portaient pas sur lui.

D'ailleurs le secteur des vêtements intelligents pourrait être considéré comme une opportunité à saisir puisqu'il offre des perspectives de croissance importantes pour les années à venir. Le rapport de la Commission Européenne de 2016 affirme cette idée en soulignant que les vêtements intelligents seront utilisés prochainement à une plus grande échelle[709]. Le domaine des textiles et vêtements intelligents désigne alors l'avenir de la filière textile. Preuve à l'appui l'attrait de plusieurs secteurs pour la "Fashion tech". Les entrepreneurs ayant ressenti la flexibilité des législations y ont trouvé une opportunité de création et d'innovation sans ayant à se soucier des limites imposées par les réglementations strictes. C'est pour cette raison que les prédictions du rapport de la commission européenne de 2016 ont pu réaliser et atteindre leurs objectifs. Cette manifestation est confirmée par « *les experts [qui] considèrent*

[709] " Smart Wearables: Reflection and Orientation Paper ", 10.

que le marché français des vêtements intelligents atteindra 1,5 milliard d'euros en 2021 »[710]. Toutefois, en raison de l'offre encore limitée et des prix très élevé des modèles actuellement disponibles, il est difficile de dire si ces technologies deviendront populaires ou non. Le secteur, qui n'est pas encore soumis à des réglementations très strictes en matière de collecte de données, de compositions ou de normes, attire naturellement les entrepreneurs. De plus, avec le marché du textile français en baisse et un taux d'emploi stagnant, certains voient une opportunité pour inverser la tendance et devenir leaders dans ce domaine.

On dénombre 3 grands secteurs d'application pour le moment : « *La santé et le sport et la sécurité* »[711]. Ces trois secteurs cités sont d'une importance capitale car ils répondent à des besoins pratiques et vitaux. Or, la Fashion Tech est considérée comme étant un autre domaine d'application mêlant textile et technologie et ayant pour but l'osmose novatrice et créatrice dans un but purement esthétique : la "Fashion Tech" cible en premier lieu le "plaire" à autrui mais également et surtout le plaire à soi. Nous pouvons parler dans ce sens d'une "Fashion Tech" de luxe mais la démocratisation de cette tendance commence petit à petit à faire son chemin et à se propager parmi les consommateurs. Cette nouvelle tendance va faire naître un phénomène qui permettra de créer une nouvelle mode en symbiose avec les attentes d'une génération en quête d'évolutions technologiques à portée de main. C'est ce qui explique, entre-autres, le chiffre en constante évolution des consommateurs-cibles faisant appel à ces nouveaux types de produits-services[712].

L'environnement propice à l'évolution technologique, les innovations et l'accoutumance des jeunes et de tout un chacun aux objets électroniques connectés ou non a créé un lien indéfectible entre consommateur et objets électroniques. Cette mode portée aux nues par la génération « Y »[713] va encourager les modélistes et les stylistes à créer un lien entre cette tendance et la mode. L'apogée de la miniaturisation, la création des lecteurs MP3, la

[710] *« Le vêtement intelligent est véritablement un secteur à enjeux*, explique Robin Oddon, responsable de la communication chez Techtera, un pôle compétitivité du secteur textile en France. *Et tous les acteurs du textile l'ont bien compris. Le cabinet d'analyse ABI a évalué la croissance économique du secteur à 48 % jusqu'en 2021. Un autre cabinet français a quant à lui calculé que le marché pourrait peser 1,5 milliard d'euros en 2020. Il y a effectivement une explosion des start-up qui présentent régulièrement de nouvelles avancées technologiques sur les salons internationaux »*, Thomas Casavecchia, " Les vêtements intelligents donnent du fil à retordre à l'industrie textile ", *Le Soir*, 24 Janvier 2018, accessible sur le lien : https://www.lesoir.be/135977/article/2018-01-24/les-vetements-intelligents-donnent-du-fil-retordre-lindustrie-textile, consulté le 26 Juin 2020.

[711] Pierrot Plenard, " *Textiles intelligents ou vêtements connectés, la technologie à même la peau* ", *Kicklox*, 2021.

[712] Se référer aux pages 261-263 où différents diagrammes montrent l'attrait des consommateurs pour les objets connectés.

[713] « […] le Y représenterait symboliquement les fils des écouteurs toujours insérés dans les oreilles des digital natives », citation empruntée de : Perrine Declerck, " Génération Y : Définition et caractéristique pour mieux la manager ", *Bruce*, 20 Décembre 2021, accessible sur le lien : https://blog.bruce.work/generation-y-definition-concept-et-caracteristiques-au-travail, consulté le 02 Janvier 2022.

démocratisation de la téléphonie mobile et l'afflux massifs de l'utilisation des textos par les adolescents, toutes ces habitudes ont accentué la dépendance aux objets électroniques et à la révolte d'une jeunesse qui se voyait incomprise par les aînés. Ce mal être de la jeunesse devait s'exprimer en une mode qui les reflète mais également à travers un isolement, une coupure avec les normes vestimentaires ou les normes sociales. Si le « Y » des écouteurs a été rompu par l'absence de fil, il n'en est pas moins présent. Et le phénomène de dépendance aux objets électroniques s'accentuant de plus en plus, il en résulte qu'il façonne deux consommateurs cibles pour les créateurs de la "Fashion Tech". Le premier est le consommateur d'objets de luxe qui, une fois acquis, reflètent un faste et une appartenance dues à l'exclusivité de l'objet créé et porté. Le second est le consommateur lambda qui ne se soucie que d'avoir un vêtement novateur du fait qu'il inclut un appareil technologique lui permettant d'avoir accès à plusieurs services et options.

Cette idée se trouve appuyée et confirmée par Dominique Paret et Pierre Crégo qui soulignent que l'environnement actuel de l'industrie de la mode comporte deux types de directives : "Mode et prêt à porter de luxe" high Tech et "Mode de la rue et prêt à porter quotidien" high Tech[714]. Ce sont deux visions complètement différentes et opposées du point de vue du créateur et de la part du consommateur cible.

Nous allons expliquer les potentialités de ces deux sous-domaines de la "Fashion Tech" à travers une analyse de projets respectifs à chacun d'eux. Nous montrerons également leurs impacts sur le système économique de l'industrie textile d'aujourd'hui.

Ces deux directives vont nous donner accès à la présentation de certaines évolutions possibles de l'intégration des nouvelles technologies dans le système de la mode et les enjeux qui en découlent à travers les futures possibilités d'approches innovantes de la création. C'est à partir de cela que nous étudierons les opportunités à venir à partir desquelles les textiles intelligents peuvent être introduits dans la mode d'aujourd'hui.

D'où la question :
Quels sont les enjeux de cette mode vestimentaire "futuriste" selon les perspectives de ces deux directions ?

[714] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*,186.

a. Mode et prêt-à-porter " High Tech " de luxe

Lorsque l'on parle de luxe dans la mode, on pense souvent liée aux défilés, aux stars, au tapis rouge et à tout ce qui est associé à l'éclat et à l'attirance du regard, au "Bling Bling", en gros, c'est-à-dire à tout ce qui brille et attire l'attention du public. Cela peut être obtenu à partir de matériaux textiles nobles auxquels sont souvent ajoutés des embellissements, des accessoires, des ornements et des garnitures, …. Il est également à noter que l'empreinte et le goût du styliste sont une signature à prendre en considération car c'est d'elle que la création portée par la personnalité prend toute sa valeur. Signalons que le luxe technologique étant encore à ses premiers balbutiements, il se présente actuellement comme une sorte de défilé d'images, de couleurs, qui s'affichent, s'allument et s'éteignent selon plusieurs facteurs. Parmi lesquels nous pouvons citer la volonté de faire passer tel message à tel moment selon l'humeur du porteur. L'idée reste inchangée quant à la brillance et à l'attirance. Or le moyen d'y parvenir est, lui, différent. En effet, alors qu'on avait recours aux matériaux nobles pour donner de l'éclat, il y a eu une évolution par rapport à la source. Celle-ci est devenue technologique et donc modifiée par l'intelligence humaine. Elle perd son origine brute et s'orne de l'apport technologique et technique. Nous voyons donc l'émergence de possibilités infinies quant à l'utilisation de celle-ci. Diode, LED, écran plat passif qui va faire défiler un message préétabli, écran tactile actif qui va permettre la rédaction et la transformation du message et sa diffusion par la suite. Ce ne sont là que quelques exemples parmi tant d'autres. L'interaction, présentée à partir de l'écran actif, peut se manifester à travers d'autres paramètres comme celui de la couleur par exemple. Il est important donc de citer que : « *Les collections de mode présentées dans les délais de la Fashion Week de New York ont introduit des vêtements et des accessoires de prêt-à-porter de luxe qui peuvent être contrôlés via une application pour smartphone pour permettre au porteur de changer la couleur et la fonctionnalité de ses vêtements en appuyant simplement sur [un] bouton* »[715]. Notons ici que le message n'est pas l'unique fonctionnalité pouvant être insérée aux vêtements technologiques intelligents. Les modularités pouvant être apportées aux tissus sont aussi multiples que les possibilités offertes par l'évolution technologique. Ainsi, l'évolution de l'écran rigide à l'écran souple à faciliter son intégration au tissu et son insertion dans le monde de la mode "High Tech". De plus, le passage de l'écran passif (afficheur de séquence

[715] Benedict Hobson, " With smart textiles we can "download new colours or patterns" to our clothes." Video reportage avec Francesca Rosella, Cute Circuit co-fondatrice, Dezeen and mini Frontieres, 03:15, 29 August 2014, https://www.dezeen.com/2014/08/29/movie-francesca-rosella-cutecircuit-digital-fashion-smart-textiles/.

audio-visuelle préétablie) à l'écran actif (tactile) permet à son porteur d'intervenir dans le processus de la diffusion du message et donc l'interaction entre le porteur et le porté se voit accrue.

Quelques collaborations commencent à s'établir avec des maisons de mode de luxe sur le principe d'adopter une démarche d'innovation technologique lors de la création de vêtements et accessoires de luxe et de les intégrer aux différents projets de celles-ci. Certains stylistes, créateurs de mode et artistes se sont inscrits dans cette démarche évolutive et ont associé design de mode ou design textile et design technologique pour créer des pièces innovantes luxueuses, uniques et originales. Ces initiatives collaboratives restent encore un peu timides car la technologie n'est pas toujours évidente à cerner et à adopter pour les grandes marques. Il y a même des propositions d'idées qui ont été rejetées ou abandonnées vu certaines exigences, modalités et règlements stricts et précis. Alors que nous continuions à débattre pour savoir si la présence de la technologie de la mode sur les podiums fonctionne, il est bon de signaler que les projets sont en cours de développement et que l'avenir leur est propice. Ce sont là les prémices d'une mode qui va prendre de l'ampleur comme vont le démontrer certaines sociétés, entreprises et start-up, qui vont prendre de l'importance au fur et à mesure que cette mode se démocratisera.

Certaines sociétés de mode technologique innovantes telles que "Cute Circuit" [716] se sont focalisées sur la mise en œuvre de nouvelles utilisations créant des besoins originaux au niveau de l'usage et donnant lieu à des valeurs ajoutées et à des expériences et tendances inédites pour l'utilisateur-cible ainsi que pour le public. Ici, nous ne parlons plus d'usage pratique pour le porteur grâce à la technologie mais d'une nouvelle manière de s'exhiber, de se montrer, de se faire remarquer et d'attirer l'attention d'autrui à travers cet ajout technologique qui laisse le regard du public rivé sur lui. Or, associer technologie et vêtements ne suffit pas à être reconnu dans le milieu à forte concurrence de la mode de luxe. Ceci a poussé les jeunes entreprises de mode technologiques à chercher des alliances avec des maisons de mode célèbres afin de se faire un nom et de percer à travers elles. Actuellement, celles-ci se sont vite rattrapées à travers des collaborations avec les enseignes de mode et du

[716] « CuteCircuit » est la première marque de mode au monde à intégrer des technologies portables. Pionnière dans ce domaine, elle associe un design de mode de pointe aux technologies émergentes et aux tissus intelligents pour créer une mode qui n'est pas seulement belle, mais qui offre également des fonctionnalités interactives magiques : https://cutecircuit.com/biography/.

vestimentaire de luxe, alliant esthétique, design et technologie dans leurs nouvelles démarches conceptuelles en suivant les tendances pour conquérir plus de marché et mieux se rapprocher du consommateur. "Cute Circuit" est la première Start up de solution technologique vouée à la mode au monde ayant intégré la technologie portable dans des tissus intelligents pour créer des projets qui ont une capacité interactive[717]. Elle a vite compris que ce marché présente un potentiel en pleine expansion et a agi en conséquence en créant des collaborations avec certaines marques comme par exemple "Chanel" et "Converse" [718] pour pouvoir commercialiser ses projets. La symbiose étant bénéfique aux deux parties, elle permet d'écouler d'une part une solution technologique dédiée aux vêtements et d'autre part elle offre aux marques de luxe la primauté et l'exclusivité de briller et de s'accaparer des parts de marché encore en pleine expansion. Cette alliance a permis ainsi à cette Start up de commercialiser ses idées en les intégrant à des produits textiles portant des noms de marques ayant une renommée mondiale. Ceci a facilité la reconnaissance de cette innovation et surtout la création de l'attrait et de l'attente grandissante chez les consommateurs. La vision marketing adoptée par les deux entreprises a permis de mieux propager le produit textile de luxe innovant.

Nous avons estimé judicieux d'analyser l'un des projets phares de la marque ''Cute Circuit'' bien qu'il s'agisse d'un accessoire et non d'un produit vestimentaire afin consolider cette idée. Il s'agit du projet des sacs à main interactifs et lumineux "Cute Circuit X Chanel" conçu pour la collection printemps – été 2017 de "Chanel" [719]. Il est remarquable de signaler le fait que le produit est sorti au public sous le nom de la marque "Chanel" et non pas sous le nom de "Cute Circuit" ce qui appuie la démarche adoptée par celle-ci afin de mieux commercialiser ses innovations technologiques appliquées et intégrées aux grandes marques de luxe. Il ne faut tout de même pas minimiser le fait que la collection des sacs à main "Chanel" de Karl Lagerfeld a été inspirée du concept ou de l'idée sacs à main lumineux imaginé et élaboré au départ par la société "Cute Circuit" [720]. C'est-à-dire que le projet inventé et conçu par la société technologique est resté au stade de prototype et qu'il ne s'est vraiment écoulé que lorsqu'il y a eu alliance avec la grande marque de luxe "Chanel".

[717] " Cute Circuit ", accessible sur le lien : https://cutecircuit.com/biography/, consulté le 25 Mai 2022.
[718] Kitty Knowles, " Meet CuteCircuit: The Britsh Fashion Tech Brand Loved By Fergie and Katy Perry ", *Forbes*, 29 Mars 2018, accessible sur le lien: https://www.forbes.com/sites/kittyknowles/2018/03/29/cutecircuits-fantastic-fashion-tech-world-firsts, consulté le 25 Mai 2020.
[719] " Cute Circuit X Chanel ", *Cutecircuit*, 4 octobre 2017, accessible sur le lien : https://cutecircuit.com/press/cutecircuit-x-chanel/, consulté le 18 Juillet 2022.
[720] Kapfunde, " Artificial Intelligence, the "Brain Power" Behind Next Generation Smart Textiles: Can artificial intelligence create the next wonder material? ".

D'ailleurs, d'autres projets sont toujours restés au stade expérimental. Le projet sac porte-écran de la marque Louis Vuitton[721] en est un exemple probant.

Développons donc le projet "Cute Circuit X Chanel" afin d'expliquer son mode de fonctionnement. La collection est déclinée en trois versions qui sont mises en vente dans les boutiques Chanel du monde entier : "Boy Small" ; "Boy Medium" et un étui pour ordinateur portable. Ces sacs à main sont capables d'afficher les messages électroniques « Tweet » de votre téléphone avec une animation Micro-LED. Le sac devient ainsi une deuxième interface lumineuse, colorée avec des teintes attrayantes (rose vif et vert acide)[722], qui peut remplacer et prendre la place de l'écran du téléphone. L'écran de celui-ci sera alors une extension de la tenue dans le but de faire intégrer la technologie numérique dans nos vêtements et accessoires en fusionnant les appareils électroniques avec le textile. Ce qui est étonnant et original c'est qu'à première vue, il semble être un sac en cuir ordinaire avec des entailles en forme de pointillé. Mais en fait, ce n'est que le traçage des points Leds à travers desquels nous parvenons à visualiser le traçage des messages qui s'affichent et qui défilent sur l'interface du sac. Ce dernier devient lui-même une sorte d'écran d'affichage de ce que son porteur veut afficher comme message.

Dans un interview réalisé avec Kitty Knowles, Fransesca Rosella Co fondatrice de "Cute Circuit", s'affirme l'idée que les smartphones pourraient bientôt faire partie de la tenue de leur porteur : *« "Our vision is that all the devices we need to carry today, such as cameras, phones and trackers, will disappear in favor of microtechnologies embedded into the fabric of our garments" »*[723]. Rosella déclare aussi que : *« Nos créations ne sont pas des concepts de science-fiction, mais de la vraie magie »*[724], qui offre une dimension interactive, affective avec tout ce qui nous entoure. Une seconde peau intelligente - une interface qui crée de nouveaux liens avec l'environnement matériel et immatériel. Le tissu devient vivant grâce aux couleurs et aussi aux motifs qui s'animent et qui brillent. Ainsi, ce type de création reflète l'ère numérique dans laquelle nous vivons. Ces innovations deviennent un medium, un moyen d'exprimer l'omniprésence de la technologie dans notre vie actuelle.

---

[721] Joël Chevrier and Claire Eliot, " Innovation : comment associer textile et écrans ? ", *The conversation*, 11 Juillet 2019, accessible sur le lien : https://theconversation.com/innovation-comment-associer-textile-et-ecrans-120043, consulté le 05 Avril 2020.
[722] " Interactive Fashion ", *Cute Circuit*, accessible sur le lien : https://cutecircuit.com/haute-couture/.
[723] Kitty Knowles, " Meet CuteCircuit: The Britsh Fashion Tech Brand Loved By Fergie and Katy Perry ".
[724] Benedict Hobson, " With smart textiles we can "download new colours or patterns" to our clothes ".

Bien que ce sac puisse apparaître comme étant une innovation d'un point de vue technologique et mode, il n'en reste pas moins que l'aspect électronique qui y est intégré peut sembler être banal pour certains, vu qu'il n'affiche qu'un message basique sous forme d'émoticône ou de quelques lettres. Or pour d'autres, il est un objet de luxe à avoir à tout prix puisqu'il porte la signature "Chanel" et qu'il est hors normes et innovant. Ce sont là des projets qui allient mode et technologie prouvant que le consommateur cible peut être branché en portant un sac de marque alliant les dernières trouvailles et innovations technologiques et ainsi être à la pointe de la modernité. Ce sac à main tendance figure comme étant un medium, un moyen de communication entre son porteur et la personne voire les personnes visées par le message affiché. Il est donc de ce fait une continuité, une extension de la personnalité du porteur. Ce projet préfigure une concrétisation matérielle d'une idée clé qui s'est bâtie sur le concept de la liberté de communiquer ses pensées ou ses désirs non seulement par la voix ou par la rédaction mais via un nouveau support qui est dans notre cas le tissu.

Ce nouveau medium a donné accès à de nouvelles perspectives pour démocratiser la liberté d'exprimer ses pensées, ses opinions et ses prises de position par rapport à une cause. Tout cela pour favoriser l'accès à une liberté de s'exprimer de plus en plus engagée. Surtout que ces sacs à main seront portés pour la plupart par des personnalités influentes et dont l'engagement pour de nobles causes n'est plus à prouver.

Figure 52. "Arizona Muse"
(Cute Circuit X Chanel, 2017)
https://cutecircuit.com/haute-couture/

D'ailleurs, lors de nos recherches nous n'avons pas trouvé beaucoup de vêtements de luxe technologiques destinés à être vendus. L'industrialisation étant encore trop onéreuse, elle freine l'accès à une mise sur le marché à forte échelle. L'initiative des créateurs de mode n'est pas actuellement à but purement commercial. Elle est cependant à visée artistique et cible également à pousser les limites de la création de la mode vestimentaire couplée à la technologie. Il reste tout de même à signaler que cela n'empêche pas de voir des défilés consacrés à ces créations et dédiés à la "Fashion Tech". Preuve en est que « *[c]es dernières années, la tendance des défilés de mode a été de présenter beaucoup de robes agrémentées de nombreux effets lumineux réalisés à partir de mini réseaux LED ou encore de fibres Optiques. Ces solutions, non connectées, de type « prototypes », généralement rapportées sur le tissu (avec diodes LED cousues et électronique séparée) avaient principalement pour but de créer l'évènement de Fashion Tech, car ces solutions ne pouvaient être vraiment industrialisables* »[725]. C'est-à-dire que les vêtements de luxe "high Tech" sont généralement des projets concept conçus par des stylistes et/ou artistes dans une initiative purement d'ordre artistique et poétique. Ce sont des initiatives originales qui montrent les limites et les perspectives de la technologie dans le champ du vestimentaire.

Il s'agit de pousser la technologie vers une vision étendue afin de dévoiler les intentions et les pensées des créateurs dans le domaine du vestimentaire "High Tech". La plupart de ces projets sont des prototypes destinés à être porté par des stars célèbres et populaires dans des évènements prestigieux et renommés. Une approche de création différente de l'approche industrielle, puisque celle qui nous concerne dans cette sous partie est basée sur une volonté purement artistique.

Nous allons tout de même citer un exemple de création de mode à visée purement artistique pour illustrer notre précédente analyse. Cet exemple est celui d'un vêtement de luxe à haute technologie augmentée. Dernièrement, le célèbre Tiktokeur 'KHABY LAME a porté une veste "HUGO BOSS" lors de sa première apparition durant la fameuse montée des marches de la 75ème édition du festival de Cannes de l'année 2022 spécial Tiktokers et influenceurs[726]. Lors de la journée consacrée à la première du film "Top Gun : Maverick", le deuxième influenceur le plus suivi sur Tiktok a apporté une touche unique aux authentiques codes

[725] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 183.
[726] Julia Ferreira, " Khaby Lame en BOSS à la première de Top Gun au Festival de Cannes ", *Luxsure,* 19 Mai 2022, accessible sur le lien : https://www.luxsure.fr/2022/05/19/khaby-lame-en-boss-a-la-premiere-de-top-gun-au-festival-de-cannes/, consulté le 07 Juin 2022.

vestimentaires de la cérémonie en étant vêtu d'une tenue innovante signée "Hugo Boss". Cette tenue est composée d'un costume de couleur noire fabriqué en laine vierge et agrémenté de revers en soie, d'une chemise blanche et d'un nœud papillon en soie[727]. La touche particulière et innovante de la tenue se manifeste à travers la veste personnalisée et équipée d'une série de quatre écrans numériques flexibles : deux sont fixés sur le devant et deux autres sur le dos. Leur rôle est de diffuser en boucle ses vidéos les plus populaires afin d'interpeller le public le moins branché sur les réseaux sociaux de sa notoriété et de sa popularité[728]. Cette veste a été créée grâce à la contribution du savoir-faire d'une marque de luxe mondialement reconnue et de solutions technologiques innovantes qui viennent lui donner une touche d'unicité et d'originalité. C'est ce qui assure sa distinction et sa différenciation des autres accoutrements dont se sont parées les différentes stars présentes lors de cet évènement. Cette innovation a également permis aux différents intervenants dans cette création de se faire connaitre et de s'attirer tous les regards et les flashs des photographes et journalistes présents. Tous ont ainsi pu faire reconnaitre aux yeux du monde que technologie et mode vestimentaire peuvent s'unir pour créer une œuvre hors normes.

Le créateur de contenu digital a choisi un look particulier et original pour bien se distinguer durant cet événement. Étant ambassadeur de la marque "Boss" qui joue la carte technologique pour sa nouvelle campagne visant une nouvelle vision basée sur des concepts inédits, le choix de cette tenue innovante lui a permis de joindre l'utile à l'agréable, puisque l'imbrication de la technologie et des composants électroniques lui a servi d'avantages. A part le fait d'être distingué des autres invités à travers cet attirail technologique qui ornait sa tenue, cela lui a permis de s'exhiber et ainsi de se faire connaître à travers une diffusion continue de ses vidéos.

Il s'agit d'une fusion entre tradition et modernité à travers l'association de la haute couture et du luxe de la marque "Hugo Boss" et des technologies actuelles qui s'y sont associées. Et depuis, il est devenu une icône de la marque Boss et a lancé en collaboration sa première collection "Boss x Khaby" [729].

---

[727] " Boss and Khaby Lame bring tailoring into the future at the 75th festival de Cannes ", *Hugo Boss Press Release*, Metzingen, 19 Mai 2022, accessible sur le lien: https://group.hugoboss.com/en/newsroom/news/news-detail/boss-and-khaby-lame-bring-tailoring-into-the-future-at-the-75th-festival-de-cannes, consulté le 01 Juillet 2022.

[728] " Boss and Khaby Lame bring tailoring into the future at the 75th festival de Cannes ", *Hugo Boss Press Release*, Metzingen, 19 Mai 2022.

[729] Luke Leitch, " Khaby Lame, the Fresh Prince of TikTok, Is Launching His First Collection with Boss ", *VOGUE,*17 Juin 2022, accessible sur le lien: https://www.vogue.com/article/boss-khaby-lame-collaboration-launch, consulté le 01 Juillet 2022.

Figure 53. Veste "Hugo Boss" au Festival de Cannes 2022
(Hugo Boss, 2022)
https://www.hugoboss.com

Figure 54. Interface interactive de la veste "Hugo Boss"
(Hugo Boss, 2022)
https://www.hugoboss.com

Nous ne pouvons que conclure que cet exemple de veste technologique met en valeur la notoriété du porteur, l'importance de l'évènement ainsi que l'apport technologique associé au costume.

La partie qui va suivre ne s'adressera pas au même type de consommateur cible. Si dans ces derniers paragraphes nous nous sommes concentrés sur la mode "Fashion Tech" de luxe qui vise en premier lieu une caste sociale pouvant se permettre les extravagances les plus couteuses, dans l'analyse qui va suivre nous allons cibler la "Fashion Tech" du consommateur cible ordinaire. Celui-ci, s'il va se tourner vers le marché du vestimentaire relié à la technologie, il le fera pour son attrait pratique facilitant ainsi sa vie au quotidien.

b. Mode du prêt-à-porter "High Tech" quotidien

La deuxième directive se manifeste dans la mode du prêt à porter appelée par Dominique Paret et Pierre Crégo, "mode de rue et pour les jeune" [730]. C'est une tendance de démocratisation de la mode technologique et qui a ouvert de nouvelles possibilités de collaborations avec certaines enseignes alliant mode de tous les jours et nouvelles technologies innovantes. Cette fusion entre deux entreprises spécialisées dans des secteurs totalement différents a engendré l'apparition d'une nouvelle génération de vêtements du quotidien connectés tels que : Le "Polo Tech" lancé par "Ralph Lauren" en 2015, le "Tracker Jacket" par "Google" et Lévis en 2017, le "manteau intelligent" par "Emel et Aris". Tous disponibles en vente dans les magasins et en ligne.

Nous avons choisi d'analyser l'un de ces projets innovants qui s'inscrit dans cette perspective du vestimentaire intelligent et connecté du quotidien. Il s'agit d'une alliance entre le leader de l'informatique "Google" et le leader des vêtements Jeans "Levi Strauss" intégrant la technologie aux vêtements baptisé "Projet Jacquard". Comme nous l'avons déjà signalé, certaines entreprises technologiques ont saisi le potentiel des collaborations avec les enseignes de mode renommées dans une démarche d'allier technologie et savoir-faire. D'où l'émergence de pareils projets "High Tech" applicables au tissu.

Dans notre cas la technologie "Jacquard" élaborée par Google consiste à intégrer des capacités numériques dans différents produits du quotidien qui seront ainsi dotés de capacités

[730] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 186.

intelligentes[731]. Nous pouvons attester de ce partenariat à partir de l'exemple de la veste Levis intégrant la connectivité afin de faire vivre à son porteur de nouvelles expériences interactives et de nouveaux services inédits permettant de lui faciliter la vie au quotidien.

Le projet "Google X Levis" annoncé en 2016 et lancé pour le public en 2017 aux USA sous le nom de "Commuter Trucker Jacket" [732], est une veste connectée à la mode qui combine un design attrayant et une interface intuitive conçue pour faciliter les déplacements des cyclistes citadins, ou tout autres usagers voulant rester connecté à son téléphone sans devoir le manipuler. C'est une veste intelligente qui garde les fonctions d'origine d'une veste ordinaire en y intégrant de nouvelles fonctionnalités intelligentes. Elle contient une zone tactile interactive qui offre la possibilité de commander son téléphone à distance[733] en tapotant et/ou en effectuant un balayage sur la manche gauche lors de la balade en vélo ou autres. Celle-ci devient une sorte d'interface offrant des fonctionnalités semblables à celle du téléphone. Elle est capable d'émettre des commandes et de recevoir des informations sous forme de signaux.

Ce projet offre la possibilité d'avoir accès à son téléphone à travers une surface matricielle tactile externe intégrée au vêtement. Ainsi le cycliste citadin à partir de sa veste connectée s'offre l'avantage d'interagir n'importe où et n'importe quand avec son téléphone sans devoir ni le regarder, ni le manipuler. C'est ce qui assure et augmente la sécurité de l'utilisateur : à travers des mouvements précis et préprogrammés, l'intervenant quel qu'il soit peut accéder aux différentes fonctionnalités de son téléphone sans avoir ni à ne le toucher ni à le sortir de sa poche ou de son sac.

Ainsi la veste devient une extension des fonctionnalités offertes dans le but de le rapprocher de son corps afin de carrément remplacer son interface et de la substituer par le module "Jacquard Tag". Cette version se présente sous forme de languette souple rabattable ayant deux extrémités. La première qui se fixe sous une ouverture spécialement dédiée à cet effet et

[731] Nous citons : *le projet sac à dos Konnect-i de Samsonite* dans : Pascal Forget, "Konnect-i par Samsonite X Jacquard: le sac à dos connecté ", 20 octobre 2020, https://www.pascalforget.com/konnect-i-par-samsonite-x-jacquard-le-sac-a-dos-connecte/ et *la paire de chaussure Adidas GMR* dans : Pierre Lecourt, " Adidas GMR : du Google Jacquard dans des chaussures de foot ", *MiniMachines Net,* 12 Mars 2020, accessible sur le lien : https://www.minimachines.net/actu/adidas-gmr-87532, consulté le 03 Juillet 2021.

[732] Stuart Lombard, " Levi's new Commuter Trucker jacket combines fashion and technology ", *ANDROID AUTHORITY*, 20 mai 2016, accessible sur le lien : https://www.androidauthority.com/levi-communter-jacket-694064/, consulté le 25 Juin 2020.

[733] Les servies numériques proposés sont par exemple : répondre ou ignorer un appel téléphonique, écouter / lancer sa playlist musicale ou changer de chanson, faire une recherche sur le web par commande vocale sur un itinéraire, capturer / prendre une photo, etc.

la seconde extrémité qui vient se clipser à un bouton électronique permettant le fonctionnement du module en entier. Ce n'est qu'à partir de ces deux manipulations que le module pourra devenir fonctionnel. Ceci en augmente la sécurité d'utilisation et surtout la sûreté de l'intégrité du module lui-même.

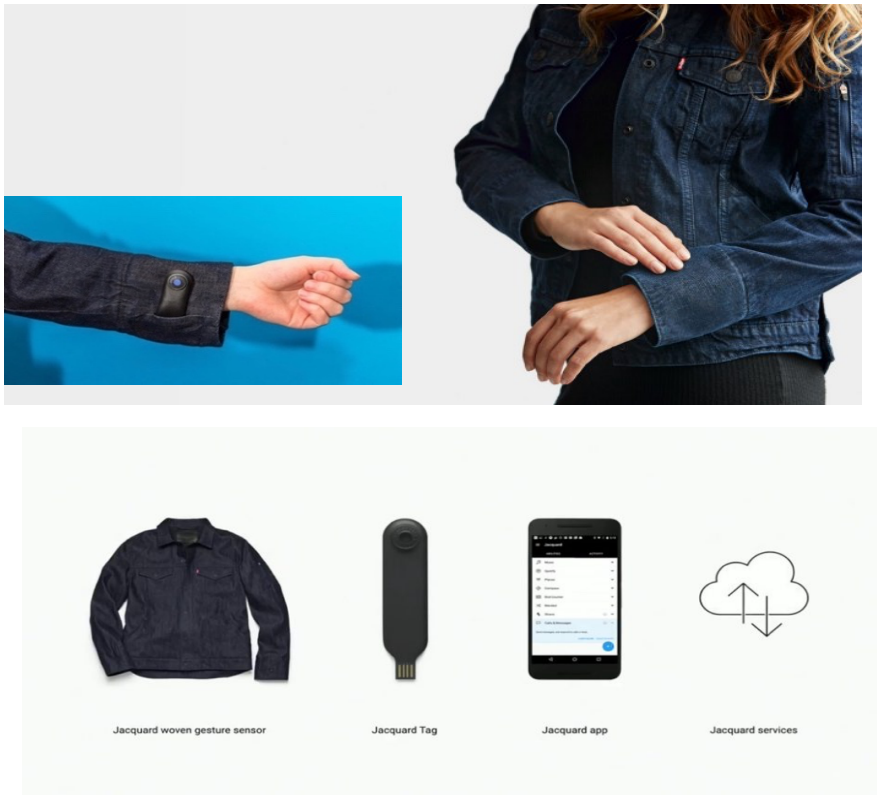


Figure 55. La veste " Commuter Trucker Jacket "
(Google X Levis, Projet Jacquard, 2016, 2017)

Du point de vue technique, cette interaction tactile est permise grâce à des fils conducteurs tissés et intégrés sur la manche de la veste en denim afin de permettre de suivre les mouvements (tapotement et balayage). Les concepteurs de ce projet ont travaillé sur la reconnaissance de certains gestes effectués sur une surface conductrice située sur le bas de la manche de la veste. Cette fonctionnalité est possible suite à la synchronisation du module avec l'application téléphonique, ce qui permet de communiquer au porteur de la veste par exemple l'heure, la météo, ses rendez-vous, ...[734]. Le processus d'interaction fonctionne à travers une collecte de données des nombres de contacts et de gestes faits avec le doigt

[734] " Levi's® Trucker Jacket with Jacquard™ by Google Gets High-Tech Update ", *Levi Strauss & Co.*, 1 Octobre 2019, accessible sur le lien: https://www.levistrauss.com/2019/10/01/levis-trucker-jacket-with-jacquard-by-google-gets-high-tech-update, consulté le 05 Juillet 2020.

(toucher, tapotement et glissement) à l'aide d'un capteur LED[735] puis de l'envoyer via Bluetooth au Smartphone associé au "Jacquard Tag". L'application installée sur le smartphone transforme les signaux reçus en actions suite aux différentes commandes du porteur. Par mesure de précaution et pour une qualité de service toujours optimum, une notification d'alerte est transmise via un voyant lumineux qui s'allume et émet une vibration au cas où le téléphone se trouve éloigné de la veste. En effet, une grande distance séparant le module du téléphone risque d'alterner l'efficacité du signal Bluetooth et donc de rendre inefficace leur rendement.

Figure 56. Composition et assemblage de la veste " Jacquard "
(Google X Levis, Projet Jacquard, 2016, 2017)

Paul Dillinger, vice-président chez "Levi's", déclare qu'au fil du temps, le projet s'est amélioré. Toutefois, il maintient toujours l'objectif de départ et qui consiste à être toujours connecté et à accéder aux différents services que proposent et offrent le téléphone sans être obligé de le manipuler[736]. Il nous semble que cette innovation peut avoir des incidences et des répercussions à plusieurs niveaux : esthétique de la veste (design et conception) et fonctionnel du module (Software et hardware). D'une part, cette nouvelle collection se

[735] Rafayatul Kabir, " What do you think about the latest Google-Levi's commuter jacket? ", *Medium*, 5 Mai 2018, accessible sur le lien: https://medium.com/@forgeportal/what-do-you-think-about-the-latest-google-levis-commuter-jacket-780f0dc480cb, consulté le 15 Juillet 2020.
[736] " Levi's® Trucker Jacket with Jacquard™ by Google Gets High-Tech Update ".

décline en plusieurs styles plus modernes que la précédente et a été commercialisée à plus large échelle[737]. Elle attire et épate plus de consommateurs-cibles vu qu'elle est proposée en version femme et homme. D'autres part, le module "Jacquard" devient plus petit et plus discret permettant ainsi d'avoir accès à de nouvelles fonctionnalités[738] de plus en plus utiles qui ont été ajoutées à celles présentes dans la version originale. La nouvelle version dépend d'une simple mise à jour de son logicielle pour devenir plus performante. Celle-ci se fait automatiquement via le téléphone. Ce nouveau module plus fiable a vu le jour en 2019 pour une cible d'utilisateur citadin et a permis à ses acquéreurs d'expérimenter une nouvelle approche d'usage modifiant le vêtement "high Tech". C'est ce qui permet de vivre de nouvelles expériences utilisateurs plus modernes et plus sophistiquées.

Cependant, le projet ne cessera d'évoluer avec le temps, acquérant et proposant continuellement des fonctionnalités inédites qui offrent plus d'avantages pour l'utilisateur-cible.

Figure 57. La veste " Google X Levis 2.0 "
(Google X Levis, Projet Jacquard, 2019)

[737] Christel Divert, " Levi's lance la V2 de sa veste connectée Jacquard by Google en Europe ", *Fashion Network*, 30 septembre 2019, accessible sur le lien : https://fr.fashionnetwork.com/news/Levi-s-lance-la-v2-de-sa-veste-connectee-jacquard-by-google-en-europe,1141699.html, consulté le 08 juillet 2020.
[738] Les nouvelles fonctionnalités actuelles sont : navigation, application de covoiturage, bulletins météo, bulletin de circulation, messagerie, service de localisation GPS, musique, …

Le module "Jacquard" [739] peut être intégré dans d'autres versions de la même série ce qui accroit l'attractivité vers ce type de projet. Google et Levis ont su allier innovation technologique et modularité de la veste tout en enrichissant la collection pour toucher le plus grand nombre de consommateurs-cible. Nous remarquons que cette alliance sert autant de tremplin à l'innovation technologique tout comme elle l'est pour le domaine de la mode. Tous deux s'encouragent l'un l'autre ce qui donne plus de chance à une collaboration à long terme qui ne peut qu'aboutir à des solutions vestimentaires utilisant le e-textile comme support. Les deux domaines collaborent ensemble pour un meilleur rendu bénéfique aux consommateurs et à son bien-être.

Comme mentionné avec l'exemple du projet du maillot de bain connecté "Neviano" élaboré par la Start up "Spinalli Design" [740], l'avantage d'un système électronique intégré dans un module intelligent détachable, amovible et pouvant fonctionner comme une unité à part au vêtement permet d'amoindrir voire d'annuler les risques d'endommagement de celui-ci pendant l'entretien de la veste. Celui-ci se fait comme pour n'importe quelle autre veste ordinaire puisque le module est détachable et retirable et qu'il n'y a donc aucun risque de détérioration dudit matériel.

Figure 58. Module " JACQUARD "

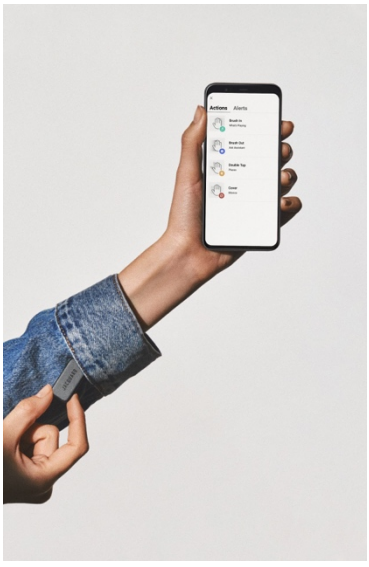


Figure 59. Connexion du module " JACQUARD " via Bluetooth à l'application associée

[739] "Jacquard by Google weaves new digital experiences into the things you love, and use every day to give you the power to do more and be more ", *JACQUARD*, accessible sur le lien: https://atap.google.com/jacquard/, consulté le 30 Mai 2020.
[740] " Neviano ".

L'interaction et la connectivité sont assurées à travers trois facteurs : le fils Jacquard, la microélectronique et le logiciel associé. Le vêtement intelligent devient capable de traduire l'action effectuée par le porteur (la gestuelle). Celle-ci se traduira en réaction (un signal lumineux et haptique). Tout ceci n'est possible qu'à travers le médium qu'est l'application téléphonique associée, capable d'assurer l'exécution des commande[741]. Le schéma ci-dessous est un résumé explicatif du fonctionnement interactif qui régit la veste "Jacquard".

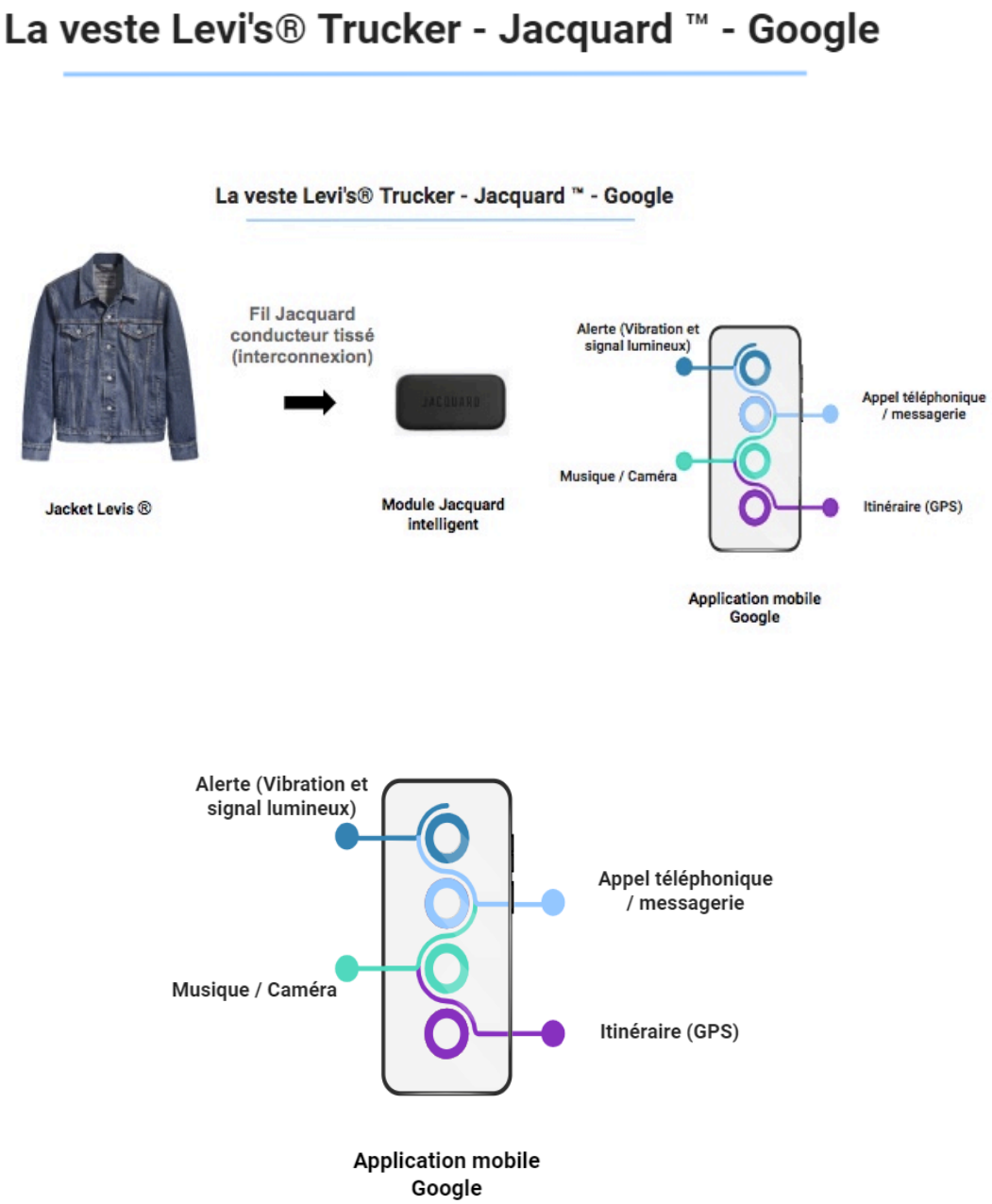


Schéma 22. Schéma de fonctionnement interactive de " Commuter Trucker Jacket "

[741] " Designing smarter products ", *Jacquard,* accessible sur le lien : https://atap.google.com/jacquard/technology/, consulté le 07 Juillet 2020.

Nous pouvons conclure qu'à travers notre analyse des fonctionnalités proposées par ce vêtement qu'il répond parfaitement aux besoins de leurs utilisateurs-cibles. Ce type de vêtement permet de nous offrir des fonctionnalités pratiques. Vu l'utilité du projet nous ne pouvons en aucun cas les voire ou les qualifier de gadget. C'est une vraie tendance de fond, un produit-service qui répond aux aspirations réelles des cyclistes citadins ou de tous autres utilisateurs qui cherchent à être connectés à leurs téléphones pour pouvoir interagir avec en toute sécurité. De là nait une interactivité tactile aboutissant à une synthèse relationnelle entre le porté simple et le module intelligent d'une part et entre le porteur et le porté intelligent d'autre part dans le but d'accomplir certaines tâches proposées par ce dispositif technologique portable connecté. Ce tout unifié en un seul produit e-textile permettant de faciliter la vie de son usager et de lui faire acquérir un maximum de bien-être et de confort dans l'usage et dans le résultat escompté. De plus, l'innovation réside dans le fait d'avoir pensé à faire coexister un boitier électronique à un tissu modifié avec un attirail et un assemblement de fils conducteurs et de composants électroniques permettant une interaction entre eux deux. Cette osmose ainsi que cette interaction sont en soi un bond en avant vers de plus grandes applications dédiées aux textiles intelligents. Nous ne pouvons donner toute la primauté à l'un ou à l'autre des deux intervenants. C'est au contraire la rencontre de ces deux pôles qui va créer l'innovation et l'avancée technologique du e-textile. Nous nous retrouvons ici de plain-pied dans l'entière signification de ce mot reliant internet au textile. Le "e-", dans notre cas, ne peut être mieux résumé que dans cette présence significative et non des moindres du géant de l'internet qu'est Google. Cela n'amoindrit en aucun cas l'importance significative également de la présence du géant du prêt-à-porter de l'habillement qu'est la marque Levis Strauss. La pluridisciplinarité est ici de mise puisque deux domaines se croisent et s'enrichissent mutuellement pour parvenir à un résultat qui unifie leurs savoir-faire respectifs en un produit unique et innovant.

Après cette analyse, il nous semble important et intéressant de faire une étude comparative entre deux générations de la veste connectée comportant une interface de commande. Cette étude se fera en comparant l'ancienne version "Levi's Industrial Clothing Division (ICD)" qui date de 2000 à la nouvelle version "Levi's Trucker Jacquard Google" proposée et conçue en 2017 puis mise-à-jour en 2019. Ce rapprochement nous semble nécessaire afin de mieux expliquer la spécificité de chaque modèle et le potentiel offert par la technologie de chaque époque caractérisant les propriétés de leurs conceptions réciproques.

c. Étude comparative : Interface de commande simple et interface de commande complexe

Nous allons présentement faire une analyse comparative sur l'évolution de l'intégration des composants électroniques et des interconnexions entre les deux versions du concept de la veste connectée. En effet, les deux modules qui permettent de commander le téléphone mobile sans devoir le manipuler réellement, appartiennent à deux époques différentes. Le seul et unique point commun entre ces deux concepts de vestes connectées est celui de se permettre d'offrir de nouveaux usages pour les citadins de la ville.

Or, les partenariats de l'ancienne génération "Philips" et de la nouvelle génération "Google" de modules ciblés par la marque "Levis Strauss" ont deux visions différentes par rapport à la technologie. "Philips" est plus connu en tant que développeur et concepteur d'appareillages électroniques en tous genres. Par contre, "Google" est reconnu comme étant en premier lieu un leader de la création et le développement de Software et d'intelligence artificielle dédiée à Internet. Ce n'est que dernièrement que le géant de la "Silicon Valley" s'est attaqué à l'industrie de la téléphonie mobile et des tablettes tactiles.

La première apparition de la veste "Levi's Industrial Clothing Division (ICD)" date de l'année 1999. Cette ancienne version offre presque les mêmes fonctionnalités basiques de la nouvelle veste "Levi's Trucker Jacquard Google" conçue en 2017 et qui sont : décrocher l'appel et écouter de la musique. Par contre, la nouvelle génération de la veste possède un savoir-faire beaucoup plus pointu, propose de nouvelles fonctionnalités plus élaborées et un usage plus adapté grâce à une évolution considérable de la technologie de pointe. Donc nous allons démontrer à travers cette comparaison que la nouvelle version est beaucoup plus intelligente et sophistiquée que la précédente.

Signalons également qu'une différence, et non des moindres, doit être soulevée. L'actuelle veste "Jacquard" est d'une conception plus épurée que celle de la "ICD". En effet, cette dernière n'avait pas la possibilité de cacher au regard les différents appareillages ajoutés à la veste. Ainsi, baladeur Mp3 et téléphone étaient visibles ou du moins on pouvait deviner leur présence à partir de la marque de la poche consacrée à leur emplacement. Encore plus, les fils conducteurs permettant de commander l'un ou l'autre des deux appareils gardaient une trace

visible à l'œil et sensible au toucher ce qui n'est pas un point à ignorer sur le plan du design qui cherche toujours à être le plus raffiné que possible.

Ce qui distingue les deux modèles est le nombre et la qualité des fonctionnalités proposées ainsi que le degré d'intégration des composants dans le substrat textile, puisque chaque veste correspond à une ère où la technologie a fait son brin de chemin en évoluant de plus en plus et en atteignant un degré plus poussé lui permettant d'accéder à une miniaturisation permettant une incorporation invisible des différents éléments technologiques. Les attentes ainsi que les exigences des usagers se sont vues évoluées et transformées d'une, par l'évolution des sociétés et de deux par l'impact des trouvailles technologiques sur les sociétés elles-mêmes. Ainsi, si l'utilisateur de la veste "ICD" se contentait de pouvoir décrocher ou raccrocher son téléphone ou de passer d'une piste audio à une autre à partir d'un élément électronique ajouté à la veste. L'utilisateur du "Jacquard" ne se trouvera en aucun cas satisfait par ces anciennes fonctionnalités qualifiées de basiques par rapport à son époque. Car celui-ci s'attend désormais à de la géolocalisation, de la commande vocale, à un GPS lui permettant de trouver un service souhaité à proximité, … La veste "Jacquard" outre ces fonctionnalités va permettre d'accéder à une infinité de mises à jour proposées par "Google ". D'autant plus que, nous ne parlons pas ici d'une petite Start Up qui en est à ses premiers coups d'essais, nous parlons du géant qui façonne presque "Internet" au quotidien par ses innovations. Nous pouvons en synthétiser le fait suivant : La veste "Jacquard" offre de nouvelles fonctionnalités beaucoup plus développées à travers les différentes possibilités d'interaction entre le vêtement et l'objet e-textile connecté.

Autre point de divergence entre les deux vestes est que l'ancienne interface était de grande taille, lourde, encombrante et apparente. Elle était insérée dans les poches de la veste pour pouvoir être cachée. Son déclenchement nécessitait d'appuyer sur le bouton de commande pour activer le dispositif électronique. La transmission des données et des informations était exécutée à travers des fils conducteurs cachés dans la veste mais qui n'en restaient pas moins encombrants. Les composants électroniques, les interconnexions ainsi que les appareillages étaient tous insérés dans les différentes poches pour pouvoir donner un aspect sobre.

En conséquence, la veste "Jacquard" nous offre la possibilité de remarquer une évolution dans l'ergonomie de l'interface utilisateur (interface homme-machine). Aujourd'hui, l'interface est composée de deux éléments : le module "Jacquard tag" et la surface tactile interactive. Le

module est devenu plus léger, plus petit, plus discret. Alors qu'en 2017, il était visible bien que de petite taille, En 2019, le changement le plus frappant est que le module a encore rapetissé encore plus une encoche lui a été destinée afin de l'y accueillir. Il en ressort que le module de 2019 gagne en puissance, en furtivité, en service offert à l'utilisateur…

L'interface, quant à elle, est devenue tactile, intuitive et invisible grâce aux fils conducteurs tissés en trame avec des fils denim afin de permettre la conductivité entre le module et de permettre de le relier à l'entrée où il doit être inséré. De nos jours, il suffit de tapoter sur la surface tactile interactive pour que module et les différents composants qui lui sont reliés s'activent[742]. Cette nouvelle interaction permet un usage auquel l'utilisateur-cible est déjà habitué. Puisque la gestuel est identique à celle qu'il utilise pour gérer l'interface de son smartphone. A partir de ce point, il ne se retrouve nullement contraint d'adopter une nouvelle gestuelle applicable à l'interface interactive de la veste "Jacquard". Celle-ci va lui permettre de garder une façon d'interagir avec cette nouvelle surface interactive presque identique à celle à laquelle il était habitué. Tout ceci avec un confort d'usage et une sécurité plus accrue.

Il reste cependant à rattraper un point qui n'a pas encore été atteint, c'est celui de la visibilité de l'interface tactile. La manche de la veste "Jacquard" duplique l'écran du téléphone pour en devenir une extension à commande tactile. Celle-ci ne permet certainement pas une relation visuelle de ce qui est affiché sur l'écran de son téléphone mais en contrepartie elle facilite l'accès et les commandes que nous souhaitons lui transmettre. Celle-ci ne permet pas d'afficher des icônes ou même des cartes, ni même un simple texte. Elle ne remplace pas l'écran du téléphone. Par contre, cette interface permet à travers un signal lumineux ou haptique d'informer l'utilisateur que son action sur la surface tactile a été prise en considération et que le résultat escompté sera au rendez-vous. Il suffit d'activer le Bluetooth pour connecter le module intelligent inséré discrètement dans la veste à tous les appareils électroniques qu'on souhaite lui associer et ainsi boucler la boucle permettant les différentes interactions possibles par la présence de cette triade relationnelle.

[742] Les boutons poussoirs ont connu une évolution vers de nouvelles possibilités d'intégrations de l'électronique dans le tissu. La disposition la plus courante consiste à séparer deux morceaux de tissu conducteur par un matériau séparant non conducteur. Lorsqu'une pression est appliquée, les deux morceaux de tissu conducteur sont capables d'établir un contact électrique par le biais de trous situés dans l'entretoise. C'est ainsi que l'on construit un bouton-poussoir tactile en tissu conducteur d'une information.

Rappelons qu'en 2017, le module qui gère toute cette interaction est accroché dans une boutonnière de la manche de la veste. En 2019, celui-ci s'insère dans une entaille semblable à celle d'une simple clé USB. Nous pouvons noter aussi une évolution dans la qualité d'interaction entre l'usager et la veste d'une part, et entre le module, les interconnexions et les appareillages qui leurs sont reliés. Mis à part la fonction tactile, nous pouvons demander à la veste des services à travers la voix et recevoir en retour des notifications sous forme de vibrations ou de signaux lumineux. Tout cela nous amène à constater que le comportement de l'usager vis-à-vis du dispositif technologique a évolué puisque ce dernier est devenu plus perfectionné, plus pratique, plus ergonomique et plus commode : il est ainsi plus facile à manipuler. Donc, nous pouvons constater que ces innovations permettent une meilleure expérience-utilisateur puisque l'interprétation de la demande de l'humain par la machine est plus précise. Ce qui donne aux vêtements cette impression d'être de plus en plus intelligent.

Quelle évolution a connu le niveau d'intégration des systèmes électroniques et de la connectique ?

Nous allons effectuer à partir de ce tableau une étude comparative entre les fonctions et fonctionnalités des différentes composantes de chacun des deux exemples cités précédemment : Signalons que cette catégorisation des deux différentes générations de vestes "Levi's" sera établie selon les caractéristiques attribuées par Viswanathan, Sorna Mugi pour différencier entre le degré d'intelligence et d'interaction par rapport aux stimuli externes réalisant l'action souhaitée.

Nous pouvons ainsi qualifier l'ancienne veste "ICD" de textile intelligent actif, puisqu'une action/réaction peut s'effectuer lors de la détection des conditions extérieures de l'environnement matériel provenant de l'intervention de l'utilisateur[743]. Par contre, la nouvelle génération "Jacquard" peut être qualifiée de très intelligente puisqu'elle nous permet de réunir trois actions[744] :

- Détecter les conditions extérieures (matérielles et immatérielles)
- Réagir à ce flux d'informations
- Répondre et s'adapter de manière conforme et intelligente.

[743] Viswanathan, " E-Textile and its Applications ".
[744] Ibid.

	Smart E-textiles	
Les Composants et leurs fonctionnalités	"Levi's Industrial Clothing Division (ICD)" – 1999 Fonctions et fonctionnalités intelligentes actives	"Levi's Trucker Jacquard Google" -2017 et 2019 Fonctions et fonctionnalités très intelligentes
Le système d'entrée : les capteurs	Action mécanique : appuyer sur les boutons : → Mode d'interaction gestuelle uniquement Un seul geste pour une multitude d'action : - Décrocher/ raccrocher l'appel - Jouer / arrêter une piste de musique	Action mécanique : tapoter, glisser, ... sur la surface tactile interactive, couvrir la manche avec la totalité de la paume de la main → Action propre à un mouvement prédéfini aboutissant à une action qui lui est associée par le choix de l'utilisateur. Chaque geste est propre à une action.
Le système de sortie : Actionneurs	Écouteur filaire	- Assistante vocale via haut-parleur - signal haptique via vibreur - voyant lumineux via Led
Le système d'analyse et de contrôle : microprocesseur Interface de commande	Module "Philips" : Commande paramétrée. (Décrocher et raccrocher, mettre une pause, balayer la musique, augmenter ou diminuer le son, …)	Module "Jacquard" intelligent relié à une application mobile "Google". Paramétrage personnalisable par l'utilisateur. Mis à part les fonctionnalités basiques effectuées par le module

		"Philips" telles que: décrocher et raccrocher, mettre une pause, balayer la musique, augmenter ou diminuer le son, … De nouvelles fonctionnalités plus évoluées sont mises à disposition de l'utilisateur : activation de l'assistance vocale, déclenchement de la playlist, démarrage de la navigation par Google, …
Outils de transmission et d'interconnexion	Série de Fils conducteur connectés reliant le module "Philips" aux appareils électroniques.	Fils conducteurs tissés sur la manche de la veste. Module "Jacquard tag" relié via Bluetooth au téléphone.
Source d'alimentation :	Batterie	Batterie + Chargeur micro USB
Interface :	Interface de commande volumineuse avec boutons	Interface intuitive tactile pré programmable par l'utilisateur pour faciliter l'interaction
Matériaux textiles :	Matériau textile Denim	Matériau textile Denim + fils conducteurs tissés = textile électronique.

D'un point de vue conception vouée à une approche esthétique et fonctionnelle, les concepteurs des deux vestes ont trouvés comment allier un design attrayant à la fonctionnalité souhaitée. Cette recherche de style s'est reflétée dans une présence accrue de poches à fonctionnalités et modularités multiples. Non seulement les deux vestes reflètent la mode et le style de leurs époques respectives, mais en plus elles sont toutes les deux avant-gardistes

puisqu'elles préparent une approche et une vision de la mode mettant en commun l'habit et la technologie dans / sur un seul support. Cette approche dont les premiers pas se sont ressentis dès la moitié du siècle dernier se réalise et prend forme pour mieux se démocratiser et ainsi s'accaparer des parts de marché de plus en plus importantes. Dorénavant, la mode du quotidien doit s'adapter et prendre en considération l'interaction qui se crée entre la technologie et le tissu tous deux portés sur un seul produit e-textile. Cette dualité modifie les fonctions primaires de l'un et de l'autre sans pour autant les annuler. L'électronique épouse les fonctions du tissu et vice-versa.

La valeur ajoutée correspond aux fonctionnalités intelligentes proposées qui permettent un usage d'autant plus développé. Dans ce sens : « *"Donald Norman, chercheur dans le domaine des sciences cognitives et auteur du livre The design of Everyday Things (2007), met en avant dans son travail un design centré sur l'utilisateur. Il y valorise en premier lieu la capacité d'un objet à suggérer sa propre utilisation, l'affordance reléguant la question de l'esthétique au second plan. De fait, le designer ne peut conceptualiser l'interaction afin de la faire correspondre à une signification préétablie, indépendante à la question de l'usage : une telle réduction du champ de l'interaction irait à contrario des modèles mentaux utilisés instinctivement par son utilisateur. Ainsi l'émergence des tables multi-touch nous a montré que leur usage développe un ensemble de codes qu'un designer doit intégrer au sein de toute nouvelle proposition : sélection et déplacement d'objet, zoom, etc. Dans ce domaine, seule compte l'interprétation issue de l'expérience utilisateur, le designer ne faisant que proposer un concept ouvert qui sera pris en main hors de sa présence"* »[745]. Ce que nous comprenons à travers cette citation est que le coté fonctionnel prime et devance même l'aspect esthétique du modèle. C'est à partir de la fonction que s'établira le design. Celui-ci dépend de la fonctionnalité et des aspects propres à la technologie qu'il va recevoir et c'est pourquoi il se doit de s'y adapter. Le côté fonctionnel devient en lui-même une source d'inspiration esthétique. Les fonctionnalités et les services qu'offre le produit e-textile deviennent les critères de base qui déterminent son côté plastique et stylistique. Car c'est la technologie de pointe qui rend la veste connectée attrayante aux yeux des utilisateurs cibles parce qu'elle leur offre des services qui correspondent à leurs attentes et qui leur procurent un maximum de confort et de bien-être dans l'usage et dans l'effet.

[745] Mugnier et Ho, *Design interactif*, 39.

La différence relevée entre les deux vestes peut se résumer au fait que la nouvelle est plus élégante et plus sobre car elle intègre la technologie de manière beaucoup plus discrète. Cette recherche de rendre plus discret est assurée à travers la miniaturisation des composants mais aussi à travers le mode d'intégration des fils conducteurs dans le tissu lui-même. Cela ne renie pas le fait que le produit e-textile sera plus performant et puissant grâce aux technologies de pointe. Cette évolution impacte positivement le prix, qui est vue à la baisse puisque les composantes sont de plus en plus disponibles sur le marché. Nous constatons alors que nous allons de plus en plus vers la démocratisation des vêtements intelligents grâce à la propagation des technologies et la multiplication des avantages qui en découlent.

Or nous devons tout de même signaler qu'un des problèmes des deux vestes réside dans le fait que le module n'est pas étanche. Sauf que la Version 2 du "Jacquard" permet une certaine résistance à la pluie à condition qu'elle ne soit pas de forte intensité. Cette étanchéité est permise dans cette version par une conception en tant qu'une unité à part entière du module. Cette évolution de conception a donné accès à détourner les failles de l'ancienne version du module. Ce passage montre que le travail de l'amélioration d'une version vers une autre est toujours à l'ordre du jour. C'est une preuve que la vision de Levi's et Google est en train de prendre de l'ampleur, de l'importance mais surtout qu'elle est toujours en phase de développement pour d'autres innovations futures. Si l'on prenait le cas de la veste "ICD", nous verrions qu'elle ne présente aucune étanchéité ni du module, ni des fils connecteurs. Toutes les composantes électroniques doivent être retirées avant le lavage. Par contre, l'innovation "Jacquard" réside dans le fait que la connectique est totalement intégrée dans le tissage de la manche de la veste et qu'elle est donc totalement lavable. Sauf qu'il faut tout de même signaler que le fabricant insiste que le lavage en machine doit être fait à cycle délicat. Cet inconvénient sera certainement résolu très prochainement car de grandes recherches sont en train d'être réalisées pour pallier à ce problème. Inventer des systèmes étanches et résistants à l'eau semble être une des solutions adéquates. Certains acteurs de ce domaine comme la Start-Up "Spinalli design" a vite compris la potentialité de cet enjeu et l'a utilisé dans la conception de l'un de ces produits vestimentaires technologiques phares comme étant une solution applicable à son produit e-textile[746]. Ceci permet qu'il soit totalement immergé dans l'eau sans qu'il devienne défectueux ou avarié.

[746] Il s'agit de l'exemple du maillot de bain "Neviano" qui contient un système de module étanche et résistant à l'eau pour permettre à celle qui le porte de nager en l'ayant sur soi en toute sécurité.

Comme nous venons de l'expliquer, à part le fait d'être retiré pour l'entretien, le module doit aussi être retiré pour être rechargé par exemple. Beaucoup de recherches sont en train d'être élaborées afin de trouver des solutions plus pratiques et plus commodes. Ultérieurement, nos e-textiles pourront être autoalimentés sans pour autant être dans la contrainte de devoir les brancher à une source d'alimentation ou de recharger leurs batteries. Photovoltaïque, énergie renouvelable, … ce sont là des pistes de recherche que les scientifiques ne cessent d'explorer. Nous évoquerons cet enjeu dans les perspectives futures des e-textiles dans une partie qui lui est consacrée plus loin.

Autre point pouvant créer un désagrément pour l'utilisateur, réside dans le fait que le module "Jacquard" ne peut être fonctionnel qu'à l'unique condition qu'une relation Bluetooth soit établie pour le relier au téléphone. Or comme nous le savons, la distance maximale d'une bonne réception de ce signal ne peut pas dépasser tout au plus les dix mètres en prenant en considération qu'il vaudrait mieux qu'aucun obstacle ne soit présent entre la veste et le téléphone. Il y a là beaucoup de paramètres à prendre en considération pour que le module soit utilisé dans les meilleures conditions. Cette efficacité ne peut être optimum qu'à condition que la veste soit ou portée ou bien qu'elle soit à côté de son propriétaire et/ou de son téléphone.

Cette étude comparative permet de réaliser clairement les avancées technologiques faites en l'espace de deux décennies. Elle permet également de voir comment la rencontre entre les deux secteurs textile et technologique ont permis de travailler de pair afin de parvenir à des solutions "Fashion Tech" de plus en plus accessibles pour un usage quotidien et surtout plus performantes et ceci en rapprochant les différentes solutions technologiques à l'utilisateur cible lambda.

d. " Fashion Tech : gadget ou tendance de fond ? "

Une approche des influences que peut faire subir un secteur de la mode sur un autre peut nous aider à mieux clarifier les interactions qui régissent cet univers. Il y a deux subdivisions de l'approche de la mode. Celle qui se voit sur les podiums et dont rêves d'accéder le consommateur « normal » et l'autre qui est à portée de vitrines, bradée, soldée,

prête et étudiée pour être à la portée de toutes les bourses. Or, cette "Fashion tech" de luxe que nous avons étudié et la "Fashion tech" du quotidien également analysée, ne sont-ils pas l'un l'influence et le résultat de la concrétisation de l'autre ?

Explicitons tout d'abord notre réflexion concernant la mode de luxe et son impact sur la mode du quotidien pour que notre idée soit plus claire. Une fois celle-ci clarifiée, nous en ferons de même avec l'influence qui régit "Fashion Tech" de luxe et "Fashion Tech" du quotidien. Nous finirons par démontrer que la "Fashion Tech", bien que pouvant être catégorisée, reste un secteur fuyant et presque insaisissable quant à sa classification.

La mode de luxe, surtout celle présentée lors des défilés, est un terrain d'expérimentations, d'essais, on y tente des approches d'ordres esthétiques qui ne sont pas, dans la plupart des cas, destinées à une commercialisation à forte échelle. Que serait une robe Gucci présentée lors d'un défilé, si tout le monde pouvait se l'acquérir. La rareté et l'exclusivité de l'objet de mode en fait toute sa valeur. Il est à l'image d'un tableau de maître dont la commande a été faite par une personnalité de grande influence. Ces tentatives destinées à l'élite et à une vision qui peut paraître au public comme extravagante, n'en est pas moins le terreau qui va venir façonner et modifier la mode de notre quotidien et ainsi se retrouver être le moteur commercial et rentable de l'industrie du textile. Si l'on y ajoutait la touche d'innovation et la vision futuriste qui se concrétise de plus en plus de nos jours, nous y trouverons les prémices de l'alliance déjà expérimentée et concrétisée dans certains cas.

La valeur ajoutée de la mode doit être vue dans son impact sur notre mode du quotidien. Celle de la recherche de l'alliance des innovations technologiques en rapport avec le textile et l'habillage doit être également perçue comme un propulseur des possibilités envisageables sur une nouvelle vision de la mode et de sa relation avec le porteur et le porté en même temps.

Cette approche entre mode de luxe et mode du quotidien, l'impact de la mode des paillettes sur la mode de la rue, pourrait nous permettre de nous demander si la même tendance s'applique sur la "Fashion Tech" de luxe et la "Fashion Tech" du quotidien. En d'autres termes, si ce qui semble à première vue être une fantaisie, un caprice ne peut pas se transformer en une solution vouée à des applications textiles technologiques utiles au quotidien.

D'où nous vient à l'esprit la question "Fashion Tech" serait-il une sorte de "gadget ou est-ce vraiment une tendance de fond ? " selon l'expression empruntée à Coline Vernay[747], utilisée lors du troisième séminaire de l'année 2017 qui s'est tenu à LISAA Mode, intitulée " La Fashion Tech : Gadget ou tendance de fond " [748]. Pendant son intervention, la journaliste a expliqué ce qu'elle entend par ce mouvement qu'elle a qualifié de "protéiforme" : *« Envisager la mode du futur, c'est observer l'influence du digital sur l'esthétique, s'interroger sur les nouvelles fonctions du vêtement, percevoir l'influence qu'auront des outils technologiques novateurs sur le système de la mode actuelle. Au grès des exemples présentés, se sont dessinés des modèles alternatifs à la fast fashion ... »*[749]. Le secteur de la digitalisation et de l'électronique embarquée a donné un nouveau souffle à un secteur qui aurait pu atteindre ses limites créatrices. Embarquer un outillage électronique donne un nouveau dessein, une nouvelle destinée à l'habit. Impacter le tissu par la digitalisation lui offre encore plus de possibilité de se renouveler. Or, la question est de savoir si la "Fashion Tech" peut s'extraire du qualificatif « gadget » ou non pour toutes les innovations possibles et applicables ?

Nous commençons tout d'abord par expliquer le sens du mot « gadget ». D'après, *LE NOUVEAU LITTRÉ, le gadget est un : « [p]etit objet ingénieux, amusant et nouveau, utile ou non. Un gadget électronique. Péj. Objet sans réelle utilité. »*[750]. Selon notre cas, la définition du gadget est alors d'être un objet ingénieux mais inutile à long ou à moyen terme. Or, cette inutilité désignée ici est-elle réellement de mise ? Il est certain que la définition est en tous points identique aux objets connectés qui nous intéressent. La miniaturisation y est. L'ingéniosité et l'innovation également. Le côté ludique, quant à lui, est presque un des boosters actuels les plus importants du secteur. Ces qualificatifs concordent parfaitement aux objets ajoutés au matériau textile le transformant en textile intelligent ou « e-textile ». Le point ou la divergence pointe est par rapport au bénéfice tiré par la « fonctionnalité » de l'objet problématiquement présenté comme « gadget ».

Effectivement, ce qui est qualifié de « gadget » est un objet technologique, ingénieux électronique, connecté, développé pour nous permettre d'utiliser internet partout, à n'importe

[747] Coline Vernay : Journaliste chez Modelab et Konbini.
[748] " Séminaire GeMode sur la FashionTech ", *LISAA Mode Paris*, 28 Mars 2017, accessible sur le lien : https://www.lisaa.com/fr/actualite-ecole-art-applique/seminaire-gemode-sur-la-fashiontech, consulté le 29 Mars 2017.
[749] Ibid.
[750] *Le Nouveau Littré,* 737.

quel moment et à n'importe quel endroit. Cet objet peut être d'une grande valeur ou non. En fait, tout dépend du contexte de son utilisation, du besoin de la personne à accéder à une telle fonction ou fonctionnalité à long terme à partir de l'objet "e-textile" dont il a fait l'achat ou la commande.

Est-ce le cas de cette "Fashion Tech" analysée précédemment ? La réponse par une affirmation ou une négation catégorique nous semble être problématique. Nous nous retrouvons dans la contrainte de répondre en visant l'utilité et la finalité de l'objet "Fashion Tech". S'il n'est qu'un objet d'apparat ne ciblant que le paraître et n'ayant pour objectif que d'attirer l'attention, alors là c'est le « oui » qui servirait de réponse. Or, si son utilisation est à visée utilitaire et fonctionnelle, alors nous ne pouvons que dire que l'objet "Fashion Tech" n'est en aucun cas un gadget. Il reste peut-être hors de prix pour certains et certaines. Mais cette inaccessibilité d'ordre matérielle ne peut être considérée comme un frein à exprimer son utilité ainsi que sa fonction à devenir une sorte d'outil porté voué à assister son porteur au quotidien. Il peut ainsi le notifier de ses rendez-vous, des alertes météo, de ses mails reçus, des appels reçus. Il peut aussi lui servir d'outil multimédia s'il est associé à des lunettes interactives, … En fait, et nous pensons ne pas être dans l'exagération : les possibilités applicables à la "Fashion Tech" peuvent être illimitées.

Dans ce sens les vêtements électroniques connectés que nous venons d'analyser peuvent-ils être qualifiés comme étant des gadgets ou sont-ils vraiment des tendances de fond ? Pour mieux répondre à cette question nous pouvons prendre comme exemple les analyses des projets effectuées précédemment afin d'appuyer notre avis. En conséquence, les deux premiers exemples que nous venons d'analyser et qui s'inscrivent dans la sous-catégorie "Mode et prêt-à-porter de luxe", et qui sont le "Arizona Muse" de "Cute Circuit X Chanel" et la veste "Hugo Boss" du "Ticktokeur Khaby Lame" peuvent être considérés comme étant des gadgets par certains. A travers l'analyse de ces exemples nous constatons que lorsqu'on parle de luxe et de haut de gamme nous ne parlons pas d'une véritable alliance mais d'une juxtaposition entre deux domaines qui mènent à des objets concepts qui n'ont pas une forte valeur ajoutée du point de vue de l'usage, de leur utilité, de la fonction et de la fonctionnalité. Ils s'imprègnent d'une valeur symbolique et émotionnelle du fait de l'importance et de l'influence de la personne qui les portent. En tant que « commande » effectuée pour le compte ou l'intérêt d'une star ou d'une sommité du monde, l'objet technologiquement valorisé est un gadget puisqu'il ne représente en soi qu'un degré minime de fonctionnalité

dédiée à un évènement précis. La ponctualité de l'utilité de l'objet e-textile porté lors d'un évènement en fait un « gadget » en bonne et due forme. Or, l'usuel au quotidien est une des caractéristiques qui va exclure l'e-textile du cadre péjoratif de l'*« objet sans réelle utilité »*[751].

Ce qui est important dans cette partie c'est de savoir modérer les jugements qui pourraient être attribués aux e-textiles en général. Toute innovation porte en elle ou dans son utilité et son utilisation les prémisses d'un nouvel élan pouvant être vu comme négatif ou positif par telle ou telle autre frange de la société. Les puristes, les classiques y verront une dénaturation. Par contre les innovateurs, les modernes y verront une opportunité à saisir d'urgence. Cette divergence, n'omet pas la chance de voir que cette innovation même si elle est considérée par certains comme étant un « gadget » est opportunité à saisir pour d'autres. Elle sert ainsi de source d'inspiration avant-gardiste engendrant une vraie « tendance de fond » ayant un impact sur le quotidien de tout consommateur faisant le choix de porter en /sur lui l'e-textile lui fournissant des solutions allant des plus usuelles aux plus sophistiquées.

C'est pour quoi, si une réponse devait être donnée à notre questionnement source de cette petite analyse, nous pourrions répondre que sans le gadget qui est la tentative source, nous ne serions peut-être pas dans la possibilité de voir l'inhabituel, l'extravagant, le farfelu devenir et se transformer en tendance de fond ayant ainsi la probable capacité d'influencer et de se voir petit à petit envahir nos rues. Ce qui n'est pas négligeable d'un point de vue rentabilité. Car, se basant sur la recherche esthétique et novatrice, il transforme et pose son empreinte sur ce qui modifie notre approche quotidienne de la conception du prêt-à-porter "high tech". Cette marque est perceptible et clairement vérifiable dans l'exemple de la veste "Jacquard" qui fait partie de la sous-catégorie "Mode de la rue et prêt-à-porter du quotidien". Celle-ci a une grande valeur ajoutée puisqu'elle nous met à portée de la technologie en effleurant tout simplement la manche du tissu. Les solutions technologiques appliquées aux e-textiles sont en eux-mêmes des boosters permettant l'application et la concrétisation des approches expérimentales. Elles passent du stade d'études et de projets futuristes à objets concrets et usuels.

Nous constatons d'après les études faites sur le secteur de la mode technologique ou ce qui est appelé par les spécialistes du secteur comme "Fashion tech", que les activités industrielles

[751] *Le Nouveau Littré,*737.

et commerciales commencent à prendre plus d'ampleurs ces dernières années avec la démocratisation du secteur suite à l'apparition de la catégorie "Mode de prêt-à-porter high tech" vouée à une utilisation quotidienne. Une transition de la mode ciblant l'élite présente et invitée aux différents défilés vers une mode qui vise le citoyen ordinaire comme consommateur cible. Ce changement de tendance à but commercial a l'effet de promouvoir le secteur en l'industrialisant pour atteindre un degré de concurrence plus attractif. Ce faisant, il touchera un public de plus en plus large se transformant et devenant ainsi un thème majeur du changement sociétal post moderne. La mode en saisissant l'occasion d'incorporer le processus d'exploration des nouvelles valeurs émergentes de notre société s'est inscrite dans une démarche de création technologique innovante. Dans ce sens beaucoup de créateurs, artistes et designers, travaillent aujourd'hui afin d'allier vision esthétique et vision fonctionnelle. C'est pourquoi nous allons dans la partie qui suit démontrer l'importance d'une telle approche.

1-3- E-textiles et designers : terrains de projets exploratoires et prospectifs

A l'instar des projets e-textiles à vocation industrielle et commerciale et des projets "Fashion Tech", une autre approche de création établie par les designers nécessite d'être aborder afin de mieux expliquer les différentes intentions et directives de chacun des acteurs de la chaine de valeur derrières les projets conçus. Les projets de design en e-textile intelligent n'ont pas toujours une vocation purement et uniquement d'ordre fonctionnelle et esthétique ou purement de rentabilité et de gain mais ils touchent et abordent également des problématiques d'ordre sociale, poétique et conceptuelle comme l'interaction et le rapport à l'autre mais aussi l'échange et le partage : le relationnel. Ainsi, nous nous retrouvons face à une évolution même de l'approche créative du designer. L'ensemble de ses objectifs cloisonnés, peut-être, à une multitude limitée par la matérialité des objets à innover, se retrouvent aujourd'hui illimités et sans frontières puisque nous ne nous limitons plus à ce qui uniquement d'ordre physique pour innover. L'immatérialité et la digitalisation de la matière créative poussent le designer à atteindre des contrées encore vierges et surtout fécondes quant à leurs possibilités. Dans ce sens, Élisabeth Couturier confirme que : *« Le designer du XXI^{ème} siècle d'aujourd'hui navigue entre matérialité et immatérialité : il cherche à donner forme à des objets connectés en réseau. Des objets à la fonctionnalité invisible. Les plus fous s'inspirent du vivant (biologie cellulaire, biochimie, etc.) pour créer des formes innovantes*

»[752]. Ainsi, les produits e-textiles offrent une multitude de fonctionnalités, de services et deviennent capables d'atteindre plusieurs performances.

La pluridisciplinarité est d'une importance capitale dans les échanges et les interactions qui régissent ce milieu riche en innovation. Ainsi, nous trouverons comme acteurs de cet univers des artistes et designers ayant un cursus universitaire et une expérience spécialisée et vouée à ce domaine. Mais toutefois, il s'en trouvera d'autres qui chercheront à créer des relations de complémentarité afin d'enrichir les différentes approchent qu'ils tentent d'atteindre. Nous nous retrouvons donc face à deux conceptions de designers, ceux et celles qui ont un cursus universitaire ou une expérience professionnelle variée leur permettant de créer et de finaliser leurs projets en solo et ceux et celles qui, pour pallier à un manque de savoir dans un domaine précis, recherchent à s'entourer d'une équipe qui touche à d'autres disciplines complémentaires pour atteindre leurs objectifs.

Le but de la partie qui suit est avant tout d'avoir une idée concernant le projet qui sera pris comme exemple d'analyse, de se poser quelques questions concernant la nature de celui-ci, des attentes et des perspectives ayant été le point de départ pour la conceptualisation et l'élaboration dudit projet.

Un autre point important sera démontré lors de cette étude, il consiste aux interactions et à leur importance dans le cheminement des étapes du projet. Il s'agit également de voir si les intentions de départ sont respectées à la lettre par les concepteurs ou s'ils peuvent êtres plus enrichis ou encore si le projet en lui-même peut prendre une autre tournure totalement différente de celle imaginée initialement.

L'interview menée avec les deux designers responsables du projet "MAASE", exemple de notre étude, va nous permettre de comprendre les enjeux ciblés par celui-ci. Nous tenons à signaler que l'échange avec les deux designers nous a permis d'avoir leurs points de vue personnels sur la manière de penser, de concevoir et de mettre pratique toutes leurs idées. Outre enrichissement, cet exemple servira de retour pratique et réaliste par rapport à l'aspect théorique et analytique de nos recherches. Ce qui permet un tel développement, c'est la continuité dans nos domaines respectifs. Étant designers de formations, se baser sur le fruit

[752] Élisabeth Couturier, *Design contemporain : Le* guide (Paris : Flammarion, 2015), 50.

de l'élaboration de leurs travaux et surtout sur leurs aboutissements concrets permet de démontrer le cheminement suivi menant au résultat final. Encore plus, cela nous permet de voir les démarches entreprises, leurs avancements mais également les difficultés rencontrées. Les alternatives naissantes pour les déjouer sont en elles-mêmes une source d'inspiration et d'enrichissement. De telles interactions permettent de saisir l'opportunité d'innover. D'autant plus que ce retour d'expérience nous a permis d'avoir une meilleure vision quant à la conceptualisation et par la suite l'élaboration de mon propre projet. Ceci nous permettra d'avoir un regard critique par rapport à cette pensée novatrice à partir de sa naissance jusqu'à sa finalisation. En prenant en considération les écueils rencontrés lors du développement, j'ai tiré les conclusions et l'apprentissage nécessaires afin d'éviter de pareilles contraintes me donnant ainsi l'occasion d'acquérir un savoir-faire donnant naissance à de nouvelles idées et perspectives applicables à mon propre projet. Les enjeux cibles du projet mère m'ont permis de le questionner, de l'étudier en prenant la distance nécessaire pour être la plus objective possible et ainsi avoir un point de vue critique constructif.

Nous commencerons cette partie par le projet "MAASE" pour, par la suite, finir par évoquer mon projet.

a. Projet " MAASE " de Nancy et Lou-Anne Boehm : du " plaid relaxant " vers le " plaid thérapeutique "

Nous avons choisi d'analyser dans cette partie un projet innovant de design en lien avec le monde des textiles et vêtements électroniques intelligents. Il s'agit du projet "MAASE" conçu par les designers jumelles Nancy et Lou-Anne Boehm[753], et qui est un "plaid relaxant" connecté qui va évoluer vers un "plaid thérapeutique" non connecté[754].

Nous allons à travers l'analyse de ce projet essayer de comprendre quelles sont les voies, les évolutions possibles du textile et du vêtement en tant que dispositif de communication, d'échange et de relation avec l'état d'être de son porteur ainsi qu'avec les autres. Il s'agit de présenter les différentes interactions et relations possibles que peuvent entretenir ce genre de dispositif textile intelligent avec leurs utilisateurs respectifs, ainsi que leurs environnements. Cette synthèse relationnelle donnant naissance à l'interaction prend non seulement en

[753] Les deux jumelles Nancy et Lou-Anne Boehm sont designers et co-fondatrices du Studio Twins.
[754] L'impératif d'une connexion à l'Internet n'est pas une obligation pour son fonctionnement.

considération les environnements respectifs et les personnes interagissant entre elles, mais va beaucoup plus loin que cela. Le plaid devient une sorte d'enveloppe stimulant et créant une sensation de bien-être à partir de sa fonction primaire et de la technologie qui y est embarquée. Celle-ci permet d'impacter les différents utilisateurs que ce soit émotionnellement, physiquement ou sensoriellement.

Cette analyse va nous aider à étudier les raisons et les intentions qui ont poussé les deux designers à concevoir cette solution e-textile. Réfléchir aux inspirations, représentations et desseins du concepteur / designer nous donnera accès à l'apport positif que peut atteindre celui-ci en ayant un regard prospectif et global sur plusieurs problématiques à résoudre. Autant celles-ci peuvent être sources de maux sociétaux, autant elles sont des mannes pour lui. Le designer dans sa vision et son approche conceptuelle d'une solution future mêlant les différents domaines, se donne la possibilité de puiser là où son utilité se trouve accrue par l'aboutissement et la concrétisation de son projet.

Ainsi, et comme affirmation à ce qui a précédé, nous allons montrer le parcours de développement du projet "MAASE" de sa phase de recherches conceptuelles jusqu'à sa finalisation en tant que produit pour une éventuelle commercialisation. Le but sera de distinguer les différents changements, les évolutions possibles qui peuvent se produire au cours de l'élaboration dudit projet. Il s'agit aussi de dégager les éventuels scénarios d'usages qui peuvent s'établir entre l'objet – service e-textile, l'environnement, l'utilisateur et leurs influences respectives sur la qualité d'interaction.

Pour mieux comprendre le projet, nous avons interviewé en 2017 les deux créatrices afin de comprendre leurs visions, leurs intentions et leurs motivations les ayant poussées à concevoir ce projet. Signalons que ledit projet initial qui est né en 2015, s'est vu transformé en cours de route pour aboutir à une vision différente de celle du départ.

Cette interview va également nous permettre de montrer la modularité du projet et la capacité du designer à s'adapter et à être polyvalent selon les aléas de son parcours. Ce qui aboutira peu ou prou à une vision et à une perspective différente du projet initial.

Pour présenter sa conception Nancy explique : « *Je développe un plaid interactif. J'ai conçu le produit, son expérience et le service qui va autour du châle. J'ai prototypé le châle et les protocoles qui vont avec* »[755].

Élargissons les propos de notre designer Nancy, le projet consiste en une conception de solution e-textile interactive et sensorielle. Celle-ci est conçue à partir de matériaux innovants répondant à un besoin de bien-être et de confort. Il s'agit d'un plaid communicant et relaxant selon le message sensoriel reçu. Pour le concevoir, les deux designers ont mis à profit leurs expériences multiples ayant touché à différentes applications comme : les aspects numériques, le design d'objet connecté et surtout la notion d'expérience-client. Cette création s'en est enrichie et cela se voit à partir de cette multitude d'expérimentations touchant à plusieurs secteurs complémentaires. Il en est venu l'innovation qui allie entre design textile, composantes électroniques, programme intelligent et interface intuitive et ergonomique. L'interaction est assurée à travers des programmes prédéfinis basés sur des stimuli sensoriels.

Figure 60. " MAASE "
(Nancy, Lou-Anne Boehm, Studio Twins paris, 2018)

[755] Transcription écrite d'une Interview réalisée avec Nancy et Lou-Anne Boehm pour Le magazine MODE**LAB**, no. 04, printemps 2017, 515.

Pour la question : « *Quelles sont les motivations, les intentions créatives et artistiques mises à l'œuvre dans votre projet ? Quels sont les enjeux, les questions auxquelles vous essayez de répondre ?* »

Nancy a répondu : « *Et donc, pourquoi créer ce plaid ? Parce que c'est un objet communicant. On peut envoyer des messages à la personne qui a le plaid, et elle ne pourra les lire que quand elle sera chez elle, qu'elle décidera d'allumer le plaid pour lire les messages reçus. On travaille vraiment sur une communication asynchrone, avec des messages qui sont beaucoup plus rares. On ne va pas envoyer 50 000 messages dans ce plaid, mais ils seront plus riches, parce qu'on aura mis plus de temps à les construire. Quels types de messages peut-on envoyer ? Sa voix, une certaine chaleur, une photo dont les couleurs seront extraites pour que le plaid les reproduise. Il y a un feedback tactile, donc on peut sentir une vibration et le son. Lorsqu'on enregistre sa voix ou qu'on envoie une musique, le son ne sera pas juste « écouté » comme ça, mais écouté dans le plaid donc au plus près du creux de l'oreille. On va pouvoir s'immerger dans le son, c'est un échange immersif à distance. Ce genre de message très personnel, très sensoriel, on ne va pas en envoyer 50 par jour. Ainsi, je recrée de la rareté dans la communication, parce qu'on doit prendre du temps et qu'elle est asynchrone. Je ramène aussi de la qualité dans la communication en la rendant plus sensible. Au lieu de passer par un objet technologique froid, on a un « vrai objet » en tissu qui produit de la chaleur, attirant et confortable. Et normalement, ce plaid produit un minimum d'ondes. Je suis en train de comparer les réseaux de communication avec lesquels je peux fonctionner, je vais utiliser le réseau le moins mauvais pour la santé et ce réseau sera le seul utile pour permettre de communiquer le message au plaid, le téléphone sera inutile. Le plaid est autonome pour transmettre le message. C'est un objet connecté, mais il ne devrait pas émettre d'ondes, il ne sera pas connecté au Wifi toute la journée, il n'aura ni émetteur de téléphone ni émetteur 4G. Juste un objet passif, j'essaye dans tous ces aspects de respecter encore plus l'utilisateur.* »[756].

L'idée de départ de ce projet consistait à concevoir un duo de plaids communicants, sensoriels et connectés permettant d'échanger des messages singuliers, sensitifs, personnalisés et qui ont une forte valeur émotionnelle. Cette mise en relation entre les deux personnes qui possèdent les deux plaids respectifs permet d'échanger des messages qualitatifs

[756] Transcription écrite d'une Interview réalisée avec Nancy et Lou-Anne Boehm pour Le magazine MODE**LAB**, no. 04, printemps 2017, 518-519.

qui n'ont rien à avoir avec les messages auxquels nous sommes habitués. Tout ceci dans le but de diminuer l'utilisation des interfaces électroniques. Ceci donne la possibilité aux deux intervenants de s'envoyer non plus une quantité de message dans le sens usuel du terme mais plutôt des émotions dans le sens plein du terme. Ainsi, ce qui sera échangé verra sa valeur affective accrue par rapport à sa valeur informative. Les créatrices ont pensé à la qualité du message qui peut être sous différentes formes sensorielles, afin de mieux impressionner le récepteur et sensibiliser sa perception communicationnelle. Le but de ce projet est de transférer la communication, l'échange, le message dans un support agréable, chaleureux, qui permet de mieux transmettre la pensée, l'intention et le sentiment et ainsi mieux garantir l'apaisement du stress quotidien.

Le plaid permet de capter et d'enregistrer des éléments sensoriels sous forme de son, d'image, de chaleur, … Des données qui touchent et visent nos sens en premier lieu permettant ainsi d'entretenir une relation de communication interactive novatrice. Cette nouvelle interaction donne accès à une nouvelle dimension communicationnelle entre les deux utilisateurs. Pour mémoriser et se faire partager ces moments de bonheur, de sensations, d'instants particuliers qui ne peuvent être vécus ensemble au même endroit et au même instant, le plaid donne accès à plusieurs fonctionnalités mémorisables et transférables à un moment choisi par l'un des deux utilisateurs. Cette liberté de choix chronologique donne plus d'impact au message. En conséquence, ce dispositif technologique a la capacité d'interagir, d'échanger des données entre les utilisateurs grâce à sa capacité intelligente. C'est une sorte d'interface qui permet de dialoguer avec l'autre, d'entretenir une relation interactive d'une manière innovante et non conventionnelle.

L'idée de base du projet "Maase" est de créer un objet relationnel lui donnant la capacité d'être un médium entre l'environnement et le porteur. Il est ainsi le lien qui va venir unir d'une part l'utilisateur à son environnement mais encore plus, il va être ce point de jonction entre les deux (l'utilisateur et l'environnement) en se donnant la capacité d'évoluer selon les transformations des paramètres de l'environnement et à partir de cela s'adapter et fournir une solution adéquate au porteur. Cette triade relationnelle nous montre clairement comment l'intelligence artificielle est devenue une solution adaptative prenant en considération une multitude de paramètres et offrant des solutions multiples selon les fluctuations, les changements de l'environnement et les besoins du porteur. La richesse de cette interaction ne

peut être ignorée mais l'importance de cette solution et de cette triade prend toute son importance, ampleur relationnelle lorsque nous la voyons se connecter et interagir avec une autre solution du même genre et du même type.

Pour la question : « *Quelle ouverture à l'interaction dans le projet de plaid interactif ? En quoi l'usager est amené à interagir ?* »

Nancy répond : « *La première idée est de permettre à des personnes qui vivent à distance d'échanger un moment personnel, un moment vécu. Que ce soit une bonne ou une mauvaise histoire, l'idée est de partager un moment. Si on prend le public ado, ils reçoivent en moyenne 70 notifications par jour, et quand on regarde les enquêtes de terrains, on voit que plus d'1/4 des notifications ont un rapport avec des sollicitations de gens proches. C'est ce que j'ai décidé de cibler, en créant un objet qui permette de communiquer différemment avec ses proches. Le plaid permet d'envoyer des messages très sensoriels et personnels pour mieux partager un moment, mieux l'exprimer et avec moins d'ondes. Après, l'idée s'est étendue aux parents et aux enfants qui vivent à distance. Par exemple, les petits-enfants qui ne voient pas souvent leurs grands-parents ou les personnes momentanément immobilisées qui sont loin de leur famille et qui auraient besoin de communiquer à ce moment où elles sont fragilisées...* »[757]

La transmission du message était limitée auparavant à l'écran du téléphone, de l'ordinateur ou de la tablette, … s'il est connecté à internet ou non. Le message qu'il soit audio, vidéo ou en texto, ne fait que toucher les deux sens qui sont l'ouïe et la vue. Le problème est qu'avec cette technologie, il nous arrive de rester des heures statiques devant un écran ou avec le téléphone accroché à l'oreille. Ceci va accroitre l'exposition aux ondes. La dépendance du téléphone au réseau internet fait de lui un objet qui dépend d'une multitude de paramètres pour être performant. Une coupure du réseau est nous n'aurons en mains qu'un objet à fonctionnalité très limitée. Toute correspondance, échange transfert ou réception de données sera à l'arrêt. Toutes ces fonctionnalités ne pourront se rétablir qu'une fois le réseau fonctionnel à nouveau. Il faut également évoquer la problématique de l'immersion dans la vie privée de l'utilisateur. Nous avons pris malheureusement l'habitude de se voir envahi par

[757] Transcription écrite d'une Interview réalisée avec Nancy et Lou-Anne Boehm pour Le magazine MODE**LAB**, no. 04, printemps 2017, 520.

l'intrusion intempestive des appels téléphoniques, des notifications en tous genres, en omettant le fait que cela a une incidence néfaste sur notre paix quotidienne.

Or, même si mettre son téléphone en mode avion parait être une solution efficace, il n'en reste pas moins que cette mauvaise habitude d'être en attente d'une communication ou d'une information provenant d'une quelconque plateforme de réseaux sociaux sollicite notre esprit et nous laisse en alerte et en attente : c'est ce qui crée notre dépendance à toute cette technologie qui nous entoure et qui nous envahit. Au lieu d'être des innovations cherchant à nous apaiser elles sont devenues source de stress et de mal-être. Le plaid pourrait être une alternative qui nous préserve de cette technologie invasive. Il est également une solution qui permet aux utilisateurs de choisir quand et où avoir accès aux messages reçus. Cette liberté de choix, simple dans son exécution et son application, permet à l'utilisateur de se ressaisir de son approbation d'être ou non informé. Il lui donne également la liberté de se connecter ou non pour envoyer ou recevoir tel ou tel autre message. Encore plus, la forme même du message envoyé ou reçu permettra d'avoir accès à une toute autre dimension de communication. Ce qui se limitait à la dimension de l'ouïe et de la vue va dorénavant s'enrichir d'une troisième dimension sensorielle qui est le touché. Grace au plaid interactif nous avons aujourd'hui la possibilité de transmettre plus qu'un simple message, on transmet une émotion beaucoup plus sensible car touchant plus de sens.

La première version du plaid élaborée en 2015 était un concept de départ d'un projet global ayant cette possibilité d'évoluer en projet commercialisable. L'idée qui a germé était de concevoir une solution innovante, interactive aux vertus relaxantes pour l'apaisement d'un stress quotidien. Elle formait une base d'expérimentation des différentes possibilités offertes, d'une part les matériaux, d'autre part son emplacement sur le corps. Le plaid entoure le cou, est proche des oreilles et à proximité de la bouche et du nez. Nous remarquons que cet e-textile est à portée de peau de quatre sens à la fois : olfactif, ouïe, vue, touché. Cette multitude de sens, mis à la disposition des différentes interactions avec le plaid, permet un foisonnement d'idées applicables et surtout il multiplie les terrains de tâtonnement afin de voir si telle ou telle autre application est possible ou non.

Malgré le fait que l'idée de départ touchait un public plus large et d'un point de vue commercial cela aurait été plus rentable, celle-ci s'est vue affinée et étudiée avec le plus de recul possible pour une meilleure efficacité des capacités du projet. Ainsi, par souci

d'efficience et afin de mieux cibler l'utilisateur et les fonctionnalités adaptées au plaid, les sœurs jumelles ont tout de même préféré restreindre la catégorie à laquelle est destinée cette solution e-textile. En effet, lors de notre entretien les sœurs jumelles étaient en train de monter leur start-up appelée Studio Twins et elles ont commencé à penser à la manière dont elles peuvent améliorer leur création dans le but d'une éventuelle commercialisation.

A ce propos, Nancy déclare : « *Aujourd'hui ma start-up est incubée au CETI. Je suis à la recherche de prestataires pour pouvoir faire la présérie. Ensuite, j'ai un partenaire chez qui je vais faire tester les plaids. En fonction des retours, je vais pouvoir les améliorer et dégager des financements pour pouvoir produire en série et vendre. Actuellement, j'en suis à passer des prototypes faits main du châle interactif à une présérie. Je transmets donc mes connaissances à des professionnels qui maîtrisent le travail en série*. »[758]

Nous comprenons à partir des propos de Nancy Boehm qu'aujourd'hui, la solution e-textile est prête à être produite en série. Sauf que, faute d'un partenaire cela reste en cours. Toutefois, ceci ne freine pas l'élan des designers puisqu'elles sont parvenues à signer un partenariat leurs donnant l'occasion de tester leur produit et d'avoir un retour d'expérience sur lequel elles pourraient mieux le perfectionner. Notons que cette rencontre a abouti à affiner et à faire passer le projet de l'amateurisme du débutant à la maturité du professionnel qui sait savoir manier le relationnel de l'entreprenariat et le savoir-faire du créateur. Ceci se reflète dans l'évolution même de la création du plaid. Ce qui était au début un prototype fait main est maintenant un produit final prêt à une production industrielle. Cette rencontre a permis de créer l'occasion d'accéder à un financement qui leur manquait au début de leur aventure. Toute cette somme d'association, octroie à Nancy et Lou-Anne la chance de partager leurs savoir-faire avec des professionnels du secteur textile, technologique et industrielle ayant la capacité de produire à grande échelle. Ce type de rencontre n'est que fructueux permettant aux jeunes designers de faire reconnaitre leurs idées novatrices en l'attente de potentiels clients.

Nancy a révélé à cet égard : *« Korian, le leader français des maisons de retraite médicalisées, a été l'un des premiers clients intéressés par mon plaid. Ils souhaiteraient utiliser le plaid comme thérapie émotionnelle pour des personnes en manque affectif ou bien*

[758] Transcription écrite d'une Interview réalisée avec Nancy et Lou-Anne Boehm pour Le magazine MODE**LAB**, no. 04, printemps 2017, 515.

certaines démences psychologiques qui ont besoin d'un réconfort émotionnel. Mais ces personnes ont parfois des gestes imprévisibles : faire un plaid qui soit suffisamment solide et lavable est une contrainte importante. Le domaine médical peut être très exigeant, mais une fois que j'aurai résolu ce problème, cela pourra me permettre de vendre au grand public. Je vais entamer des entretiens avec du personnel médical pour connaître vraiment leurs contraintes et pour établir un cahier des charges vraiment personnalisé. Je pourrai alors choisir des prestataires électroniques au standing suffisant pour correspondre à ces contraintes fortes. J'ai obtenu un premier financement de la région Nord qui couvre à peu près la moitié des frais engagés pour ces premiers prototypes et je recherche d'autres financements pour compléter. »[759]

Être approché par une entreprise à but médical a fait en sorte que l'idée de départ du plaid s'est vue transformée pour s'adapter aux exigences de ce client et surtout de l'utilisateur cible. Nul doute que concevoir un plaid tout public n'a rien à voir avec le fait de le créer dans un but médical et surtout s'il est applicable et destiné à des personnes âgées. Ce changement de cap a favorisé l'évolution des fonctionnalités de départ en d'autres plus adaptées et en conformité avec les exigences du corps médical et des patients. La vulnérabilité des personnes âgées, exige un choix de qualité quant au textile utilisé et quant à la technologie embarquée car elle ne doit créer aucune interférence avec d'autres appareils de soin médical. Le plaid change d'utilité et passe d'un objet relaxant à un objet relaxant thérapeutique.

En conséquence, après toutes ces études, recherches sur terrain et tentatives d'approfondissement du concept, aujourd'hui "MAASE" a changé d'approche et de vocation, de cible et de stratégie marketing, et est devenue un plaid relaxant thérapeutique destiné aux personnes atteintes de troubles cognitifs, qu'ils soient post-traumatiques, liés aux maladies neurodégénératives (Alzheimer) ou encore aux aspects autistiques. Les stades d'évolution des troubles psycho-comportementaux varient d'un patient à un autre. Ces maladies modifient d'une certaine manière le rapport de la personne au monde et à son entourage et le met dans un état d'anxiété, de stress et même d'agitation qui nécessite une prise en charge thérapeutique[760].

[759] Transcription écrite d'une Interview réalisée avec Nancy et Lou-Anne Boehm pour Le magazine MODE**LAB**, no. 04, printemps 2017, 519-520.
[760] " Maase : un plaid sensoriel pour l'accompagnement non médicamenteux des patients Alzheimer ", *SENIORACTU*, 9 mai 2019, accessible sur le lien : https://www.senioractu.com/Maase-un-plaid-sensoriel-pour-l-accompagnement-non-medicamenteux-des-patients-Alzheimer_a21814.html, consulté le 10 juillet 2020.

Analysons les raisons qui poussent au choix d'un plaid relaxant thérapeutique comme solution de traitement non médicamenteux ?

Le Châle[761] a pour utilité d'envelopper et d'entourer le porteur. Ceci est la fonction primaire de ce vêtement. Il lui procure un sentiment de sécurité, de sérénité et de chaleur. Il reproduit en quelque sorte le sentiment d'un réconfort psychologique se rapprochant de celui ressenti dans la matrice maternelle. Cette fonction secondaire donne au porteur l'impression d'être enveloppé dans un cocon. C'est peut-être pour une de ces raisons que le choix du châle comme vêtement d'inspiration s'est présenté comme alternative à d'autres qui auraient été moins maniables, plus difficiles à enfiler et à enlever. Si l'on devait comparer la simplicité du maniement du châle à celle d'un autre vêtement cousu comme le t-shirt, le pull, nous constaterions immédiatement le nombre de mouvements à effectuer rien que pour le porter ou pour l'enlever. Cette solution paraît inadéquate à une utilisation qui se veut réconfortante par sa simplicité.

L'ensemble de ces points fait du châle un vêtement de prédilection pour des applications technologiques lui procurant l'accès à la désignation e-textile. Or, châle et plaid ont tous deux les mêmes fonctionnalités primaires et secondaires. Le premier est toutefois peut-être plus léger que le second. Sauf que l'épaisseur du plaid va être un point fort lors de l'ajout des composants électroniques. Ils seront tous enfouis entre les couches du substrat textile et ainsi le porteur n'imaginera jamais qu'il porte sur lui un attirail technologique. Il ne ressentira et ne réalisera que les effets bénéfiques de cette hybridation.

La solution technologique appropriée au plaid n'est pas arbitraire, elle est née d'une recherche sur l'applicabilité de ces fonctions à un vêtement qui se plient aux buts recherchés par l'effet escompté. Le plaid est plus maniable : il peut, au choix, être mis sur les genoux, sur les épaules ou sur le ventre. Les possibilités offertes par ce vêtement sont-elles qui poussent à en faire le un terrain d'expérimentation favorable et non l'inverse. Le fait que ce produit e-textile soit mobile et transportable offre au patient la possibilité de le trouver à portée de main où qu'il soit.

[761] Le châle se confond dans son utilité avec le plaid objet de notre étude.

Le jumelage entre textile et technologie a enrichi les visions d'applications futures. Dans notre cas ce dispositif thérapeutique sensoriel permet d'apaiser certains symptômes et aide le patient à s'endormir à travers des programmes de relaxations proposés. C'est une nouvelle méthode de prise en charge en matière de soin non médicamenteux basée sur la stimulation du sentiment de bien-être procuré à partir des stimuli sensoriels. Le plaid thérapeutique offre des fonctionnalités que le porteur perçoit en tant que services.

Ceux-ci se présentent comme suit[762] :

- Apaisement : calmer les crises d'anxiété et d'agitation.
- Endormissement : aider à retrouver le sommeil en toute autonomie.
- Stimulation : proposer des activités de stimulations sensorielles adaptées.

L'accès à ces différentes fonctionnalités se fait à partir de l'interface du module associé au plaid et à partir duquel le patient, son accompagnateur ou le personnel de santé qui s'en charge peut choisir le mode convenable selon la situation.

Le plaid participe à atténuer l'état d'agitation du malade, d'atténuer ses peurs et donc à contribuer à son bien-être. D'après l'OMS : *« La santé, ce n'est pas seulement l'absence de la maladie, c'est-à-dire ce qui appartient à la médecine et à la pharmacie, c'est l'état complet de bien-être »*[763]. Une telle solution est un palliatif ou un complément aux soins ordinaires selon le cas du patient. Pour élargir la perspective de ce plaid thérapeutique, les créatrices du projet, bien qu'elles aient choisi de le vouer à une application ciblant les personnes âgées, stipulent que celui-ci peut être utilisé pour d'autres tranches d'âge dans le but d'*« apporter du bien-être à tout âge de la vie »*[764].

Donc ce produit e-textile peut aussi être un support d'éveil et de stimulation de la capacité cognitive et émotionnelle pour la petite enfance. C'est un outil d'échange et d'interaction qui stimule la penser, la logique, la motricité, la concentration, la coordination des mouvements des mains et des yeux.

[762] " Maase ", accessible sur le lien : Maase.fr, consulté le 12 avril 2021.
[763] " Constitution ", *Organisation mondiale de la Santé*, https://www.who.int/fr/about/governance/constitution.
[764] " Maase ".

Figure 61. " MAASE "
(Nancy, Lou-Anne Boehm, Studio Twins paris, 2019)

D'un point de vue conceptuel, ce produit dégage une forte charge émotionnelle grâce aux stimuli sensoriels inclus. Le plaid assure à son utilisateur une ambiance de relaxation multi-sensorielle qui l'assiste visant ainsi à atteindre le plus de sens possibles. Ainsi l'utilisateur va apprendre à maîtriser ses émotions, ses anxiétés, ses états de peur ou d'angoisse à partir de l'interactivité qu'il permet. Ce qui laisse entendre que ce genre d'objet-service e-textile dégage des vertus thérapeutiques en encourageant le patient à adopter des comportements d'autorégulation émotionnelle. C'est une sorte d'assistance qui l'accompagne et l'aide à devenir, d'une certaine manière, autonome dans la compréhension et la régulation de ses émotions. Les sens sont sollicités à travers cet objet sensoriel adapté à la sensibilité du patient. Ceci se traduit par le biais de six programmes de relaxation.

Nous allons essayer de comprendre leurs impacts sur la psychologie du consommateur-cible. Un effet instantané est proposé par les différents modes qui permettent de focaliser l'attention à travers certaines activités calmantes qui ne nécessitent aucun travail cognitif. L'idée consiste à assurer une stimulation naturelle des capacités cognitives et émotionnelles du patient. Cet objet permet alors de transporter son utilisateur dans une dimension de confort

émotionnel en lui apportant un sentiment de bien-être accru à travers les effets thérapeutiques associés.

Le plaid est un objet de stimulation sensorielle qui capte l'attention de son porteur à travers différentes formes de stimuli proposés par les différents modes. Ces derniers assurent une multitude d'usages et plus d'adaptabilité aux multiples formes de thérapies appliquées aux patients. Nous allons dans ce qui suit développer les différents sens qui peuvent être sollicités par la solution "MAASE".

La stimulation tactile : elle est procurée à partir du sens du touché doux du tissu et des différentes formes et textures envisagées dans ce drap. Apporter des sensations tactiles différentes en proposant de manier des textures variées incite à l'éveil du sens visé. Cela permet d'offrir de large possibilités et opportunités de manipulations des différentes matières textiles choisies. Cette sollicitation peut aussi être traduite à travers la chaleur dégagée par certaines zones chauffantes qui favorisent la relaxation et l'assoupissement du patient. Elle se présente également à travers un effet massant dont la fréquence de vibration adéquate stimule le système nerveux de manière relaxante afin de calmer et d'apaiser le patient.

La stimulation visuelle : elle est assurée par un effet lumineux coloré qui se dégage de certaines zones du plaid. Elle est sollicitée aussi par le choix des couleurs qui sont bien spécifiques et adaptées pour produire une sensation de sérénité. Il s'agit de créer, à travers la lumière, des rythmes procurant une sensation d'apaisement et favoriser un effet de bien-être au patient. Dans la même visée, Florence Bost atteste que : *« Le changement d'ambiance colorée a un fort impact sur notre état d'esprit et nos perceptions »*[765]. En effet, la luminothérapie est une des solutions adoptées dans certains soins thérapeutiques afin de stimuler la vision pour guérir et apporter des solutions adaptatives aux différentes thérapies non médicamenteuses. Y faire appel, consiste à utiliser une lampe qui imite la lumière naturelle du soleil[766]. Elle est employée pour favoriser et atteindre une meilleure qualité l'endormissement puisqu'elle stimule les hormones responsables de l'éveil et du sommeil. Le fait de s'y exposer a démontré son efficacité pour lutter contre la dépression saisonnière[767].

[765] Bost et Crosetto, *Textiles, innovation et matière actives*, 58.
[766] " C'est quoi la luminothérapie ? ", *Ma luminothérapie*, accessible sur le lien : https://www.ma-luminotherapie.com/definition-et-principes-de-la-luminotherapie.html, consulté le 10 Juillet 2020.
[767] Julie Dévoyer et al., " Tout savoir sur la luminothérapie ", *Santé Magazine*, 11 Mars 2022, accessible sur le lien : https://www.santemagazine.fr/medecines-alternatives/autres-pratiques/luminotherapie-176995, consulté le 12 Juillet 2020.

Or, une récente étude scientifique canadienne[768] a prouvé qu'elle peut également être efficace pour soulager « […]d'un épisode dépressif modéré à sévère » remplaçant quelque part les solutions médicamenteuses. Généralement, dans les milieux hospitaliers, les cures de lumière permettent de changer l'état d'humeur des patients et d'éviter la prise d'antidépresseurs.

La stimulation sonore : elle est assurée par plusieurs compositions de sons relaxants. Entendre une sonorité qui se dégage à travers la manipulation de certaines zones, aide à focaliser l'attention de son utilisateur pendant un certain moment qui dure le temps programmé selon le mode d'usage souhaité. Le choix des compositions musicales est très important car généralement le genre de personnes traitées sont hypersensibles aux stimuli sonores. Cela impacte d'une manière ou d'une autre leurs états d'humeur. La musicothérapie est un choix bien étudié par les sœurs Boehm. Il a été démontré qu'elle a un grand effet calmant non seulement sur les personnes fragilisées, mais également sur toute personne pouvant être impactée positivement par la musique.

Croiser et mélanger les trois sens sollicités et les effets auxquels ils aboutissent permet d'atteindre une efficience plus grande quant à la qualité des soins proposés à travers cette solution alliant textile et technologie. La rencontre entre le sens du touché, de la vision et de l'ouïe accroit l'effet thérapeutique du plaid sur le patient. Celui-ci ne crée plus une stimulation correspondant à éveiller un seul sens, non, il en incite plusieurs afin de créer une interaction entre eux pour emmener le patient vers sa propre rêverie ou du moins vers l'univers imaginé qui le réconfortera le plus.

Afin de parvenir à atteindre ce résultat, il a été nécessaire au département recherche et développement de trouver les moyens techniques nécessaires à greffer au tissu. C'est la raison pour laquelle nous allons actuellement clarifier la partie technologie embarquée dans le plaid et en montrer la fonctionnalité.

Pour la partie technique, le dispositif est composé de deux parties. La partie « hardware » contient les composants électroniques, les fils conducteurs, la batterie, tous intégrés et qui permettent de réaliser l'action souhaitée à partir de l'interface tactile. Cette dernière va permettre à l'utilisateur d'accéder et d'activer la partie « Software ». C'est-à-dire les logiciels

[768] Dévoyer et al., " Tout savoir sur la luminothérapie ", *Santé Magazine*.

et les algorithmes qui permettent de traiter les données et d'assurer les fonctionnalités intelligentes du système. Si l'on devait résumer, nous dirions que le plaid sensoriel interactif intègre des composants électroniques embarqués associés à un programme prédéfini qui contient différents modes d'utilisations. Le module est une sorte d'interface de commande activable à partir des différentes touches. Il est conçu pour être connecté aux différents systèmes de sorties qui sont les Leds, les haut-parleurs, le système vibratoire et le système chauffant. Ils engendrent tous les stimuli sensoriels de l'utilisateur selon le mode choisi générant des scénarii d'usages appropriés. L'interface de commande permet d'accéder à une association de plusieurs modes d'utilisation. Ceci est assuré par une série de programmes dotant le plaid de cette capacité interactive intelligente.

Une vision d'ensemble nous permettra de dire que la solution e-textile accède, dès lors, au degré de dispositif communicant qui interagit avec l'utilisateur à travers une interface de commande programmée contenant des mémoires de stockage et des algorithmes responsables du traitement et de l'exécution des tâches prédéfinies afin d'activer les fonctionnalités thérapeutiques souhaitées par l'utilisateur.

Nous constatons deux types d'interactions dans ce dispositif e-textile. Une première, considérée comme étant interne à interface visible actionnant les différents composants entre eux. Une deuxième, considérée comme externe puisque nous n'en décelons que l'effet sensoriel engendré. Celui-ci peut être sous une seule forme ou être l'amalgame de deux ou trois en même temps.

Schéma 23. Schéma explicatif du système de fonctionnement de " MAASE "

L'interface de commande du plaid est programmée pour interagir avec les différents composants intégrés dans son système électronique. Le module est visible et accessible pour permettre d'activer chaque fonctionnalité propre à chaque mode. Il est ainsi désigné de module apparent et visible. C'est à travers celui-ci que vont s'activer les différents « mécanismes » et « rouages » donnant comme résultat les effets appropriés. Il s'agit d'une communication interne entre les différents composants aboutissant au résultat final souhaité.

Schéma 24. Communication interne

Le plaid est programmé pour interagir avec l'utilisateur à travers les différents systèmes de sorties. L'interaction externe se traduit par les différents stimuli affichés et perçus par l'utilisateur. Ils peuvent être sous forme lumineuse, tactile ou sonore. Ils peuvent également être le mélange de deux ou des trois. Puisqu'ils sont visibles, audibles ou ressentis, c'est qu'ils retranscrivent extérieurement l'ordre émis par l'utilisateur. La minuterie permet d'adapter la durée d'une séance d'exposition aux différents stimuli.

Utilisateur → solution e-textile → utilisateur

Schéma 25. Communication externe

La solution "MAASE" est une forme de cycle circulaire clos qui s'auto-suffit aux différents actants le composant. Il ne se soumet à aucune contrainte qu'externe et c'est celle de l'alimentation électrique. Tant que les batteries sont chargées, aucune autre contrainte ne peut venir s'interposer quant à l'efficacité du système : un utilisateur choisit le mode en fonction de l'état. Une fois le mode mis en marche, il se traduit par les soins thérapeutiques qu'ils soient visibles, audibles ou ressentis. Une minuterie s'enclenche pour définir et adapté le temps des soins prescris. Dès que le temps est écoulé, la minuterie s'arrête et met fin à la séance. L'utilisateur cible est responsable de l'action et bénéficiaire de la réaction du plaid.

Cette solution qui allie entre textile et technologie a été testée dans des établissements de santé afin d'en améliorer l'efficacité en termes d'alternatives thérapeutiques non médicamenteuses. Le plaid est commercialisable selon la commande du client, les spécificités de la pathologie à traiter et selon les recommandations des spécialistes de la santé. Ce sont les retours de ces différentes parties qui ont permis aux deux entrepreneuses d'accéder à une réadaptation du produit e-textile qui reste envisageable même après avoir été commercialisé sous diverses autres formes. L'éventualité d'une évolution du projet "MAASE" pourrait presque n'être limitée que par les besoins thérapeutiques qu'il offre. Or, ceci est à son avantage puisqu'il s'adapte à plusieurs champs médicaux. Avant de passer à une production à grande échelle, les sœurs préfèrent améliorer leur produit e-textile afin qu'il soit le plus robuste possible. Or, robustesse, fiabilité et efficacité ont un prix non négligeable. Ce qui a mis les designers entre le difficile choix de soit amoindrir la qualité des composants et rendre ainsi le plaid plus accessible au grand public, soit garder la même qualité de fabrication et faire ainsi de leur projet, un projet consacré uniquement au domaine du "healthcare" et aux organismes et établissements spécialisés des pathologies ciblées.

En effet, les sœurs jumelles précisent qu'à ce jour[769], il n'y a pas de catalogue mis à la disposition des simples consommateurs et que toutes les commandes effectuées le sont par des spécialistes de la santé qui précisent les fonctionnalités embarquées propres aux maladies qu'ils traitent. Elles ajoutent que *« pour le moment nous ne vendons pas encore directement aux particuliers. Cependant en attendant la vente directe, nous proposons le plaid via les établissements, les foyers, IME, EHPAD, les associations et les plateformes de répit »*[770]. Le

[769] Mériadec Gaignard, "015 Tisser le plaid thérapeutique du futur - Nancy et Lou-Anne Boehm fondatrices de Studio Twins", Healthtech in progress, vidéo en ligne. YouTube, 10 :50, 25 juillet 2021, accessible sur le lien : https://www.youtube.com/watch?v=Ty3zrkjjtWE, consulté le : 14 Mai 2022.
[770] " Maase ".

plaid est donc adaptable aux différentes exigences du client. Celui-ci reste ajustable, flexible et modifiable selon les commandes et les soins qu'il va procurer. Les analyses du comportement du patient vis-à-vis de cet objet -service permet d'en adapter le contenu, de mieux cibler les émotions qu'on tend à atteindre et le temps d'utilisation en fonction des besoins de la personne qui va l'utiliser. Dans ce sens, l'expérience client est très importante et consiste à expérimenter le produit pour voir les interactions possibles afin de mesurer sa performance et améliorer son rendu final si cela est nécessaire. Le challenge de l'entreprise consiste à essayer de répondre aux attentes exprimées par les patients, d'améliorer l'expérience client en facilitant l'usage et en proposant de nouvelles alternatives plus fiables et plus ciblées. Un fait est remarquable suite à l'acquisition de la solution "MAASE", il consiste en le raccourcissement des durées d'interventions sur les patients. Celles qui demandaient une heure voire plus ne requièrent que vingt minutes pour que l'apaisement du client soit constaté par le corps soignant intervenant.

Tout cela est possible en diversifiant les compétences pour obtenir un objet-service réussi sur tous les plans dans le but d'une éventuelle commercialisation. Aujourd'hui Studio Twins se compose d'une équipe multidisciplinaire qui partage leurs approches, leurs savoirs et leurs méthodologies créant des transversalités entre les disciplines : *« Notre équipe est constituée de designers industriels spécialisés dans la santé, de chercheurs, ingénieurs, et psychomotriciens, accompagnés par un comité médical »*[771]. Cet échange et enrichissement d'idées pluridisciplinaires résume presque cet élan qu'ont eu les designers quant au choix du textile comme matière support de leurs solutions technologiques appliquées aux soins thérapeutiques non médicamenteux. En effet la vision des deux entrepreneuses par rapport à la matière qu'elles travaillent est une vision d'échange et de dialogue. Elles sollicitent le tissu pour en tirer le plus et profiter au maximum des caractéristiques qui lui sont propres. Si celui-ci entretient une relation concomitante et directe avec la peau, c'est pour mieux en absorber ce qu'elle lui offre et en retour pour lui procurer quelques bienfaits de ses attributs. Les deux sœurs ont peut-être décelé cette part d'échange qui s'est tissé entre les deux actants depuis déjà des millénaires et ont encore plus tendu l'oreille pour en déchiffrer les possibilités à exploiter pour plus d'efficacité surtout par le biais de l'entremise des nouvelles technologies.
Elles finissent ainsi par se retrouver dans ce qu'elles appellent le textile innovant ou e-textile. L'adjectif "innovant" attribué à la matière lui donne, comme par enchantement, cette capacité,

[771] " Maase ".

toute humaine, de parvenir à se renouveler, à se faire peau neuve et à se réinventer. En effet, les deux designers ont entrepris la matière textile comme frontière permettant de "capter" et de "diffuser" des informations. C'est par l'entremise du tissu, matériau primordial pour leurs visions, que se fait le bond vers leur approche innovante. De l'idée d'y implanter des technologies dans les "supports chauds", elles voient immerger l'idée d'aller encore plus loin afin de tirer profit des différents échanges qu'elles ont eu avec leurs "acquéreurs" et utilisateurs-cibles et d'investir dans les idées qui germent de ces dialogues.

En tant que designers industriels dans le domaine du textile, celles-ci se retrouvent à endosser le rôle de tissu ou d'éponge social pour en recevoir le moindre suintement, de le soumettre à leur touche novatrice et d'en extraire une "solution" ayant comme marque de fabrique la senteur de la primauté et de l'efficacité. Nous sommes ici face à un tournant dans notre recherche. Car il ne faut pas nier cette appréhension et crainte naissante quant à l'utilisation des nouvelles technologies et à leurs impacts sur notre vie quotidienne. Or, les deux sœurs ont démontré à partir de leur projet que le monde virtuel n'est pas une donnée nécessaire pour l'aboutissement et la réussite d'une solution e-textile et que le domaine du "healthcare" peut facilement s'en passer tout en restant aussi efficace que possible puisqu'il se focalise essentiellement sur le soin à procurer et sur l'efficacité de celui-ci. Nul besoin d'interactions superflues ou de crainte de se voir figurer à son insu dans des statistiques ou des vols de données confidentielles. La technologie embarquée aussi évoluée qu'elle l'est n'est plus un Léviathan, elle est par l'intermédiaire de l'humain au service de l'humain. La vision des designers est ici une vision ciblée sur le bien-être et sur la résolution d'un problème à partir d'un sentiment qui tend plus vers l'empathie que sur un autre. Le plaid est une évolution e-textile conçue pour être une chance à saisir et à entretenir afin d'en extraire le meilleur et d'en rejeter le nocif : c'est la technologie qui se plie au strict besoin de l'humain et non le contraire.

Comment peut-on considérer ce type de création : est-ce une invention ou une innovation ?

Nous penchons plus à qualifier le projet précèdent de novateur, car la problématique et l'idée en elle-même ne sont pas nouvelles. Elles ont été proposées et abordées différemment à

travers d'autres supports sensoriels mais non doté de solution "e-tech" qui s'approche du même contexte d'usage[772].

Nous constatons alors que le concept n'est pas nouveau mais que l'innovation réside dans le développement d'une solution technologique intelligente qui vient remplacer les solutions entièrement textiles.

Nous citons à ce propos les créations artisanales d'articles et accessoires thérapeutiques pour les malades d'Alzheimer[773]. L'idée consiste à développer une thérapie douce à travers un support de stimulation sensorielle qui comporte plusieurs éléments à manipuler. La nouveauté réside dans la qualité de l'échange et de l'interaction qui peut s'établir entre le malade et l'élément textile qui stimule ses sens de manière différente grâce aux multiples paramètres et configurations d'usage qui y sont présents.

C'est à travers les différentes recherches effectuées et rencontrées que nous est venue l'idée d'entreprendre l'approche de mettre en place un "outil" pouvant venir en aide à ceux ou celles qui en ont besoin. Certes mon expérience personnelle s'y retrouvera puisque c'est d'elle aussi que je me suis inspirée. Il n'est pas à nier que, parfois, le vécu peut faire naître une idée ou du moins y contribuer grandement. La nôtre consiste en un vécu de différentes expériences liées à l'état de santé de ma fille. Être en relation avec des solutions "health care" m'a encouragée à voir s'il est possible d'y puiser une solution qui pourrait m'aider ainsi que les mères confrontées à la même situation. Avoir effectué une thèse qui porte sur les substrats textiles auxquelles sont appliquées des solutions technologiques a insufflé en la chercheuse et designer que je suis l'idée de réunir plusieurs possibilités en un seul support e-textile.

Cette partie est consacrée à la réflexion sur cette ébauche de projet et également sur son étude. Le produit e-textile qui sera mis sous la loupe de notre analyse peut être considéré comme les prémices d'un modèle référentiel apte à voir le jour si toutes les conditions se trouvent réunies pour y arriver.

[772] Les pulls réchauffant à solution chimique en sont un exemple.
[773] Pascale Matthews " je crée des articles et accessoires thérapeutiques pour malades d'Alzheimer ", *Age Economie L'analyse des marchés des 50 ans et plus (depuis 1999) Frederic Serriere Group*, 6 Décembre 2019, accessible sur le lien : http://www.marchedesseniors.com/silver-economie/articles-et-accessoires-therapeutiques-pour-malades-dalzheimer,consulté le 15 Juillet 2020.

b. Projet personnel " Sensorelyna " : couverture d'emmaillotage intelligente sensorielle et connectée

J'aimerai signaler tout d'abord que le nom du projet n'est pas né par hasard et qu'il n'est pas un choix arbitraire. En effet, le nom "**Sensorelyna**" est une combinaison entre le but recherché par la solution de la couverture intelligente et le nom de ma fille à qui je le dédie.

D'une part, la première moitié "**Sensor**" est l'abréviation du mot sensoriel.

La solution proposée permet un échange et une interaction sensorielle entre le dispositif et son porteur. La couverture intelligente va capter et ressentir les différents signaux vitaux de son porteur, analyser ces données et proposer une solution sensorielle adéquate adaptée à la situation. L'effet sensoriel est différent d'une situation à une autre. Il dépend de la situation à laquelle est confronté le bébé. Le choix du mot "**Sensor**" réfléchit ainsi deux parts :

- La couverture capte ce que ressent son porteur.
- L'effet sensoriel procuré par la couverture en tant que soin primaire au porteur.

D'autre part, la deuxième moitié "**Elyna**" est le prénom de ma fille : ma source d'inspiration.

Partie Recherche et développement d'un projet e-textile intelligent sensoriel et connecté à but médical et thérapeutique

Cette idée de projet peut être classée dans la catégorie : vêtement connecté et communication interpersonnelle : échanger à travers le vêtement et communiquer avec autrui.

Elle est nourrie d'après une étude sur les besoins des utilisateurs-cibles qui sont les bébés âgés entre 0 et 1 ans. Afin de mieux éclaircir mon projet, j'ai élaboré un questionnaire qui me permettra de mettre en lumière les points essentiels dont je traite dans celui-ci. Ce jeu de questions/réponses auquel je me suis pliée, m'a également permis de mieux cibler les points forts de mon travail tout en me soumettant à une certaine autocritique[774]. Afin de mener à bien notre projet et pour qu'il réponde aux attentes des personnes concernées, j'ai conçu une enquête ciblant les jeunes couples ainsi que le corps médical pour connaître leurs attentes par

[774] Transcription écrite d'un questionnaire dont je me suis soumise : conception d'une solution e-textile intelligente, Annexe, 552-556.

rapport à l'initiative de la conception d'un produit e-textile connecté à visée médicale pour bébé. Cinquante sujets différents (mamans, papas et personnels de la santé) ont été interrogés sur le sujet pour connaitre leurs attentes et leurs besoins en matière de vêtements intelligents interactifs pour bébé[775].

A partir des réponses apportées, nous allons consolider notre idée du projet et présenter la solution envisageable et les différentes propositions de scénarios d'usages possibles. En conséquence, le projet a été développé du point de vue du concepteur et de l'utilisateur à la fois.

. <u>Contexte du projet</u>

Il s'agit de l'idée d'un projet multidisciplinaire qui doit réunir des compétences transversales : designers (produit, d'interaction, graphique) et ingénieurs (électronique, informatique, textile) afin d'explorer le domaine des textiles électroniques. Ma tâche en tant que designer consiste à concevoir toute la partie design du projet : la dimension esthétique et le fonctionnement de ce produit e-textile, la conceptualisation de l'idée à travers une recherche graphique aboutissant à un modèle concret -final.

Ce travail consiste aussi à développer les interactions possibles du e-textile avec son utilisateur-cible selon les différents scénarios d'usages intégrés au module conçu. Je vais développer et envisager aussi les interfaces graphiques de l'application téléphonique associée au projet. Donc nous allons, à travers notre recherche, travailler la partie conception. La partie mise en œuvre et test du produit final restera en phase de recherche et de développement car le projet nécessite une collaboration avec un ingénieur en électronique pour développer les circuits et un ingénieur en informatique pour développer le programme associé. Leurs tâches consistent à examiner de manière technique les différentes réactions de l'e-textile suite aux actions des utilisateurs et d'intervenir dans le stade du prototypage à travers la création de la partie "Hardware" et "Software".

Étant donné que je vais développer toute seule le projet, je vais essayer à travers les recherches que j'ai menées tout au long de la thèse, de réfléchir et de choisir quelles

[775] Transcription écrite d'un questionnaire soumis aux parents et aux personnels de la santé dans une Clinique à Monastir – Tunisie : Attentes parents / personnels de la santé d'une solution e-textile intelligente, Annexe, 561-560.

technologies (c'est-à-dire les différents composants électroniques) doivent être intégrées dans le textile pour assurer le fonctionnement souhaité, en attendant une réelle collaboration avec des spécialistes du domaine des nouvelles technologies. Une conclusion basée sur des analyses obtenues à partir d'un questionnaire approprié est indispensable à la fin pour discuter des résultats auxquels nous sommes parvenus.

. Problématique du projet

La problématique m'est venue à l'esprit suite à des scènes réelles que j'ai vécues avec mon bébé et que je vis jusqu'à présent. Ma petite fille est très délicate, son système immunitaire est très fragile et elle a beaucoup d'allergies. C'est pour cela qu'elle tombe souvent malade et qu'elle se retrouve rapidement affectée par la moindre charge virale. Donc son état de santé nécessite un suivi régulier (prise de température, mesure du taux d'oxygène et des battements cardiaques, …). Je me suis toujours retrouvée dans l'obligation de l'amener à l'hôpital pour m'assurer de son état de santé et pour assurer un suivi médical approprié. Ce qui est très pénible pour elle et pour nous en tant que parents.

C'est lors d'une expérience traumatisante que le déclic s'est effectué : une infection au H1N1 qui n'a pas été détectée à temps. Les signes vitaux de ma fille se sont emballés. La température oscillait entre le 34 et le 42. Le taux d'oxygène est tombé au plus bas. Le corps médical n'y comprenait plus rien. Ce n'est qu'après coup qu'ils ont compris que c'était ce virus. Mais le mal était fait. Elle a failli tomber dans le coma. En tant que mère, mais aussi en tant que designer, je ne pouvais plus fermer les yeux sur une réalité qui me happait. Il fallait que je trouve une solution pour ne plus subir une telle situation et être aussi au fait des signes vitaux de mon enfant. Et l'idée a commencé à faire son bout de chemin et à se développer. D'une idée qui a vu le jour dans une chambre de clinique, j'ai conçu un questionnaire ciblant les jeunes parents ainsi que le personnel médical pour connaître leurs attentes par rapport à l'initiative d'un produit e-textile connecté à visée médical[776].

A travers mes observations pendant les longs jours passés dans les hôpitaux, j'ai remarqué aussi que certains bébés sont laissés tout seuls toute la journée puisque leurs parents ont des obligations professionnelles par exemple. De plus, les personnels de santé dans les hôpitaux

[776] Transcription écrite d'un questionnaire soumis aux parents et aux personnels de la santé dans une Clinique à Monastir – Tunisie : Attentes parents / personnels de la santé d'une solution e-textile intelligente, Annexe, 561-560.

ne sont pas en mesure de gérer tous les bébés en même temps. J'ai remarqué aussi que les bébés sont impactés négativement par leurs états de santé lorsqu'ils se détériorent. Un bébé dont on ne prend pas soin, qui a soif, qui a faim, qui n'est pas serein cherchera toujours à l'exprimer d'une manière ou d'une autre. Les cris, les pleurs, une agitation physique et un bébé qui s'agite de manière brusque peuvent en être des symptômes expressifs à partir desquelles le bébé veut nous exprimer son malaise ou son mal-être. Détecter l'intensité de son agitation permet de prévoir et de prévenir les parents ou le cadre médical. Ceci est en mesure d'anticiper une aggravation des troubles physiques et psychologiques du petit malade.

Donc, j'ai pensé à développer une assistance personnalisée pour chaque bébé capable de détecter son état de santé selon les mesures requises et prévenir les personnes responsables de celui-ci. Je me suis rendu compte qu'on peut également utiliser des thérapies sensorielles pour apaiser et calmer un bébé malade, comme la stimulation à travers différentes couleurs de la lumière, des vibrations haptiques, des stimuli de chaleur et la musicothérapie. Il s'agit donc de fusionner ces deux idées en une seule solution e-textile capable d'anticiper et de prévenir.

. <u>L'idée du projet</u>

J'ai pensé à combiner les deux problématiques afin d'en tirer une solution e-textile pouvant les résoudre toutes deux. L'idée consiste à développer un e-textile sensorielle et intelligent capable, à la fois, de mesurer et de détecter des valeurs prédéfinies d'avance et de réagir en fonction.

La première finalité de notre solution e-textile consiste dans la prise de mesure et du suivie des signes vitaux et ce qu'ils engendrent comme réactions suivant que leurs valeurs oscillent entre trois statuts. Ils peuvent être :

- Le vert (état de santé stable).
- L'orange (état de santé instable mais acceptable).
- Le rouge (état de santé critique nécessitant l'intervention du corps médical).

En effet, l'idée est de concevoir un e-textile capable de mesurer discrètement et en temps réel les paramètres physiologiques du bébé sans être obligé d'être relié tout le temps à des appareils de diagnostics accessibles uniquement dans un hôpital ou dans une clinique. Ce

projet peut être utilisé à l'hôpital ou en dehors (à la maison) tout en garantissant que les données du bébé soient transférées en temps réel vers une plateforme de télémédecine capable d'avertir son médecin en cas d'urgence. Les données seront aussi envoyées à l'application téléphonique associée qui figure sur les téléphones respectifs des deux parents. Cette idée n'a pu voir le jour si je n'ai pas été confrontée aux différents malaises ayant touché ma fille Elyna.

La deuxième finalité de notre solution e-textile consiste à trouver des débouchées relaxantes pour apaiser et calmer le bébé en se basant sur la stimulation d'un ou de plusieurs sens. Il s'agit de pourvoir notre projet de capteurs d'intensité de mouvements placés sur les zones sensibles et d'un capteur auditif mesurant le degré d'accentuation des cris du bébé. Des modes sensoriels sont en mesure de se déclencher en fonction de l'analyse de son état psychique et des scénarios auxquels le porteur est confronté. Les modes envisagés sont variés et peuvent être combinés l'un à l'autre et faire appel à plusieurs interactions entre les différents sens sollicités. Nous pouvons citer les suivants, leur fonctionnement et leurs effets :

- l'apaisement (calmer un bébé agité) → sonorité calmante.
- La relaxation (masser et détendre un bébé nerveux et/ou qui pleure) → vibration relaxante, massante.
- l'éveil (éveiller et susciter l'attention d'un bébé) → stimulation lumineuse et musicale en touchant certaines zones qui captent son attention

Il s'agit d'intégrer dans la solution e-textile certains modes thérapeutiques non médicamenteux tels que l'apaisement et la relaxation et un mode didactique qui consiste à éveiller la réflexion et l'intelligence du bébé porteur– utilisateur. Nous tenons à éclaircir que le fait d'attribuer au bébé la nomination de porteur – utilisateur vient du fait que la couverture, idée concept, peut-être portée à un certain âge et qu'elle peut être utilisée aussi à un âge plus avancé comme étant une simple couverture ou un tapis d'éveil. Le bébé est passif quant à l'objet qui le couvre lorsqu'il est tout petit. Il stimule les récepteurs suite à un acte instinctif qui peut être celui de la faim, de la soif ou l'hygiène. En effet, si le bébé ressent l'une ou l'autre, il commencera à gigoter et à pleurer pour qu'on le nourrisse par exemple. La couverture cherchera à le calmer le temps que sa maman ou que son papa intervienne. Or, à un âge plus avancé, le bébé cherchera à créer une interaction entre les zones conçues à l'éveil

afin de parvenir à tel ou tel autre résultat sensoriel. Ainsi, il devient actif et utilisateur de ladite solution e-textile. Il est agissant avec cette couverture qui peut se transformer en tapis d'éveil. C'est un outil évolutif et interactif entre le bébé porteur et utilisateur. Le résultat varie en fonction de l'âge du bébé. Puisque, tout petit l'intention d'activer telle ou telle fonctionnalité d'éveil est absente et ne peut être qu'accidentelle. Or, à un âge plus avancé, la relation de cause à effet s'établit entre le mouvement du bébé et ce qu'il engendre comme réaction de la part de la couverture. Il comprend et associe un mouvement à un effet ou à un résultat souhaité.

Les fonctionnalités attribuées à la couverture intelligente et interactive ne permettent pas seulement de changer l'état d'humeur du bébé lorsqu'il est malade. Son utilisation n'est pas alors restreinte à la condition sine qua non de la dégradation de son état physique. Au contraire, cet impératif est un parmi plusieurs autres conditions.

Premièrement, lorsque le bébé est malade, il peut être agité et l'exprimer sous forme de crise de pleurs. Les solutions embarquées dans la couverture détectent alors l'une et l'autre et interagit en additionnant les deux solutions adéquates. Une pour l'anxiété lorsque le bébé est agité afin de l'apaiser et l'autre pour détendre le bébé nerveux ou/et qui pleure pour le relaxer. Tout comme la couverture peut combiner les deux fonctionnalités en même temps suite au déclenchement des deux stimuli ensemble, tout comme la couverture peut être en mesure de faire le choix d'activer l'un ou l'autre des modes suite à la détection d'un seul des deux. Ces deux fonctionnalités sont combinées au fait de détecter les signes vitaux du bébé et d'en conclure qu'il est en état de crise. La couverture prend donc la décision d'envoyer un message à une tierce personne en proposant le ou les modes adéquats pour essayer de le calmer le temps que les personnes concernées interviennent. La personne contactée décide d'activer ou non le mode selon la proposition exigée par la couverture intelligente. Par contre qu'en serait-il s'il y a absence totale de stimuli durant un laps de temps donné ? La couverture est munie de détecteur de mouvement, certes pour détecter les mouvements mais également pour détecter leurs absences. En effet, le bébé peut tomber dans un état de léthargie d'où la disparition de mouvements. Ici aussi la couverture intervient et en informer les personnes responsables.

Deuxièmement, il arrive que le bébé ne soit pas malade, mais qu'il pleure ou qu'il s'agite pour d'autres raisons. Dans ce cas, la couverture n'interviendra pas pour alerter les parents et

les mettre dans un état d'affolement. Elle est en mesure de trouver une autre alternative. Cela s'explique par le fait que la couverture intelligente a mesuré les signes vitaux du bébé et qu'ils sont dans les normes. Ce pour quoi la couverture va adopter le mode relaxation et/ou apaisement afin de parvenir à un résultat satisfaisant et optimal. Ce choix est thérapeutique ciblant le bien-être et le confort du bébé en premier lieu.

Nous sommes donc ici face à une solution e-textile qui mêle le « health care » aux solutions thérapeutiques non médicamenteuses. En plus, celle-ci peut se voir attribuer le qualificatif de solution e-textile intelligente car la technologie qui y est embarquée lui permet de faire des choix de manière autonome et de trouver des solutions selon le cas auquel elle est confrontée. L'intelligence artificielle qui régit la programmation de ce produit e-textile lui donne cette capacité de devenir une sorte d'interface de synthèse relationnelle capable d'interagir en fonction des différents scénarios d'usages déterminés.

Troisièmement, une autre fonctionnalité qui consiste en une fonction d'éveil assure au bébé la possibilité de jouer et de s'éveiller en utilisant ses différents sens à travers certaines activités sensorielles ludiques. Celles-ci favorisent l'éveil de la curiosité du bébé et l'encourage à découvrir par lui-même son environnement soit par la vue, par le touché ou par l'audition. Ceci est permis par la conception d'un produit e-textile polyvalent. De couverture posée sur le corps nous nous retrouvons dans ce mode face à un tapis d'éveil sensoriel qui porte le corps et en reçoit les différentes touches qui vont activer telle ou telle autre stimulation sensorielle. Pour y parvenir plusieurs propositions de formes stylisées sont éparpillées çà et là sur la surface textile. Cette recherche graphique va attirer l'attention du bébé et l'inciter à la toucher et ainsi déclencher la stimulation qui est associée à chaque forme. Une combinaison de formes et de stimuli sensoriels est proposée pour accaparer l'attention du bébé et l'inciter à bouger et à découvrir les possibilités combinatoires proposées par cette solution e-textile.

Pour conclure, à travers la combinaison des trois fonctionnalités attribuées à la couverture ("santé ou health care", "thérapeutique non médicamenteuse ou bien-être", "éveil et apprentissage"). Les parents seront en mesure de veiller sur la santé physique et psychologique du bébé en temps réel via l'application téléphonique associées. Ils peuvent

aussi être en mesure de déclencher les modes sensoriels en fonction des scénarios auxquels ils sont confrontés et des propositions fournies par cette couverture intelligente.

D'une part, en cas d'urgence le médecin pédiatre du bébé est averti à travers un message sur son téléphone, ce qui lui permet de diagnostiquer l'état selon les mesures enregistrées sur le Cloud et d'intervenir en fonction des données recueillies. Les fonctionnalités d'apaisement et/ou de relaxation sont proposées comme solution thérapeutiques non médicamenteuses permettant de calmer le bébé en attendant l'intervention médicale. D'autre part, lorsque le bébé n'est pas dans un état grave, la couverture est capable de déclencher elle-même le mode approprié sans avoir recours à une tierce personne pour décider du choix du mode adapté.

Finalement, l'idée consiste à concevoir une couverture polyvalente puisqu'elle répond à deux problématiques différentes et chaque solution attribuée présente plusieurs fonctionnalités qui peuvent être dissociées ou combinées.

. <u>Mode de fonctionnement du projet :</u> contraintes techniques et fonctionnelles

En guise d'introduction pour la partie technique et fonctionnelle, nous allons présenter une esquisse sur le fonctionnement de la future solution e-textile. A travers l'idée du projet proposé j'ai essayé de déterminer les fonctionnalités que je vais présenter dans le produit – service e-textile à concevoir. Cela m'aidera dans le choix des composants adéquats pour effectuer les opérations que je souhaite intégrer dans la couverture intelligente. Étant designer produit industriel et artisanal de formation, je ne suis ni spécialiste en matière de composants électroniques ni dans la manière de les intégrer afin d'avoir comme résultat un système électronique fonctionnel. Les connaissances que je vais utiliser pour l'élaboration de cette partie ont été acquises au cours des recherches que j'ai menées pour la préparation de cette thèse et dont l'éclaircissement figure dans le chapitre 2 de la deuxième section. Le fait d'avoir étudié cette partie technique a permis de faire bénéficier le projet actuel de plusieurs connaissances que je n'avais pas acquises de par le passé. Celle-ci est d'autant plus importante car elle m'a servi d'avoir un aperçu sur les techniques, les procédés de fabrications et les technologies adoptées sur d'autres exemples de solutions e-textiles. En effet cette partie est présente dans cette thèse en tant qu'éclaircissement puisqu'elle m'a servi d'outil préventif que j'utiliserai par la suite. Se pencher sur le schéma électronique des composants nécessaires au fonctionnement des systèmes électroniques intégrés dans le textile

prises comme exemple m'a semblé judicieux depuis le début car il me permettait d'avoir une idée beaucoup plus claire sur la charpente qui donne vie à toute solution textile augmentée technologiquement qu'elle soit connectée ou non. Je vais essayer à travers ce rassemblement de connaissances et cet enrichissement de présenter une ébauche de trame, de ''fiche technique'' de la solution e-textile à venir en attendant une réelle collaboration avec un ou des spécialistes en matière de nouvelle technologie et qui seront en mesure de valider ou de remplacer les composants choisis par mes soins. Il s'agit de sélectionner à chaque fois le ou les composants les plus adéquats avec la fonctionnalité qu'on souhaite proposer. Le projet nécessite alors une réelle intervention d'un ingénieur en électronique et d'un ingénieur en informatique pour concevoir les outils (mécanismes et dispositifs) qui permettront les réactions et les interactions entre les différents systèmes intégrés prévus par le designer d'interaction. Il est envisageable qu'un module qui gère ces interférences soit aussi conçu pour que la coordination entre les différents mécanismes soit optimale. Des interfaces intégrées dans l'application téléphonique permettant l'échange entre la solution e-textile et la personne qui le détient seront aussi envisageables. Je vais jouer le rôle d'un graphiste et essayer d'imaginer la conception graphique des différentes interfaces en attendant une réelle collaboration avec un développeur d'applications mobiles pour pouvoir approuver et mettre en marche les différentes opérations de l'application.

Nous allons présentement décortiquer et mettre sous la loupe chaque élément à part. Hormis le substrat textile qui est l'élément de base, la couverture interactive comporte donc différents composants électroniques qui constituent le système intelligent du produit e-textile. Nous allons énumérer ces constituantes et aborder une explication des modes de fonctionnement de chacun d'eux ainsi que les différentes réactions qui s'établissent entre eux. Une explication du système global des fonctions et des fonctionnalités sera susceptible d'être décrite dans cette partie explicative de notre projet.

Comme nous l'avons déjà vu dans une partie précédente[777], d'après Sabine Seymour, les principaux composants techniques utilisés pour la création de vêtements électroniques sont[778]:

- Interfaces (connecteurs, fils, antennes, ...)
- Microprocesseurs

[777] Nous évoquons ici le chapitre suivant : deuxième partie du chapitre 2 de la deuxième section.
[778] Seymour, *Fashionable Technology: The Intersection of Design, Fashion, Science, and Technology*, 15-16.

- Entrées (capteurs, ...)
- Sorties (actionneurs, ...)
- Logiciel
- Énergie (batteries, panneaux solaires, ...)
- Matériaux (textiles électroniques, matériaux améliorés, ...)

La couverture intelligente est composée d'une partie "hardware" capable de capter et de faire passer l'information vers le cœur intelligent du système qui va analyser les données collectées et recueillies par l'entremise de la partie "software" permettant ainsi de réaliser l'opération souhaitée selon les conditions imposées. Suite à l'analyse de ces données par le programme prédéfinis, elles seront transférées vers les différents « mécanismes » afin qu'elles soient transformées en réaction : stimulations sensorielles. Tous les modes d'utilisations figurant dans le module et contenant tous les composants fonctionnent de la même manière :
Action → réaction simultanée et synchronique.

Or, nous signalons que l'intervention d'une tierce personne est requise dans le cas où l'état de santé du bébé est critique et qu'il nécessite l'intervention en urgence du corps médical. Celle-ci dépend de la personne en charge du nouveau-né puisqu'elle doit prendre la décision d'activer ou non les différentes opérations requises. Puisque ce cas est tellement délicat que l'intervention humaine est préférable à celle d'une intelligence artificielle qui pourrait prendre une décision qui est en inadéquation avec le scénario auquel elle est confrontée. Donc, c'est à la personne responsable du bébé de juger si les stimulations sensorielles proposées à travers la solution e-textile pensée peut être considérée comme étant une solution thérapeutique non médicamenteuse apte à calmer le bébé sans détériorer sa santé ou le mettre en danger. La décision est prise en fonctions de l'analyse du taux de ses paramètres vitaux.

Ces deux entités "software" et "hardware" qui créent l'unité de notre solution e-textile nous imposent par leurs complémentarité la nécessité de les décortiquer chacune à part. C'est pourquoi nous allons présenter les différents composants qui constituent la couverture électronique et expliquer leurs modes de fonctionnement et les interactions possibles entre eux.

Mis à part le matériau textile qui est le lin[779] choisis pour ces propriétés thermorégulatrices permettant de garder le porteur au frais lorsqu'il fait chaud et au chaud lorsqu'il fait froid, différents types de capteurs et d'actionneurs qui sont dispatchés de manière réfléchie sur la surface de la couverture. Les systèmes d'entrée sont capables de capter les données d'une part de l'environnement à partir d'un capteur de température d'ambiance et d'autre part du porteur via une multitude de ces éléments : capteur de mouvement, capteur d'accélération, capteur de son, capteur thermique, capteur d'humidité, capteur de fréquence cardiaque, capteur de pouls et de taux d'oxygène dans le sang….Ils sont en mesure de détecter les stimuli d'un changement d'état comme : la température corporelle, la fréquence cardiaque, le taux d'oxygène dans le sang, ou d'un changement de phénomène physique comme la température ambiante.

Ces différents capteurs sont placés sur certaines zones qui soutiennent directement le corps du bébé : l'abdomen, le dos, les hanches, les membres supérieurs et inférieurs. Le choix se fait selon la proximité du capteur de l'organe en question permettant ainsi d'assurer son efficacité par rapport aux paramètres physiologiques relevés. Ces capteurs sont insérés dans le tissu de manière discrète et sont en mesure de détecter à distance et en temps réel les données souhaitées et visées avec une très grande précision. Sabine Seymour atteste que grâce à eux nous pouvons déterminer l'état physique, psychique et émotionnel du porteur[780].

La collecte des données par le système d'entrée et leur acheminement vers le système de sortie permettra, à travers l'entremise de l'intelligence artificielle, de décider quelle action sera effectuée. Par exemple, si le bébé est agité, ou qu'il pleure les capteurs vont recueillir les informations et les transmettre aux actionneurs cible. Par le truchement du microprocesseur et du programme intégré, se feront les différentes actions et réactions nécessaires et en adéquation avec l'état d'agitation du bébé. Ainsi, pour parvenir à le calmer, entreront en jeu une ou plusieurs stimulations sensorielles : lumière, sonorité et micro-vibration permettant de donner une sensation d'être massé, voire même dorloté. C'est alors le système de sortie qui est en mesure de répondre de manière instantanée ou non selon le programme installé. Il produit une réponse spécifique pour chaque sollicitation. Il peut également s'adapté selon les caractéristiques des relevés envoyés. Ainsi, il prendra la décision d'actionner une seule

[779] Le lin est une fibre naturelle isolante et thermorégulatrice qui nous donne un tissu souple, léger et hypoallergénique.
[780] Seymour, *Fashionable Technology: The Intersection of Design, Fashion, Science, and Technology*, 17.

solution requise ou d'en amalgamer deux voire même trois. Afin de mieux expliciter nous donnerons les exemples suivants :

- **En mode apaisement**, une sonorité calmante de chant d'oiseaux, d'eau qui coule, … s'active et est audible à travers les mini haut-parleurs insérés de part et d'autre de la couverture. Elles permettent de calmer le bébé agité.

Nous allons également donner la possibilité aux parents d'enregistrer leurs voix afin de la faire entendre au nourrisson lorsque cela est nécessaire. Ainsi cette couverture pourra faire penser à celui-ci que ses parents sont à ses côtés. Les raisons qui nous ont encouragé à entreprendre une telle démarche résident dans le fait que plusieurs études ont démontré que le timbre de la voix maternel a plus d'importance que les mots en eux même. Peu importe la langue utilisée, le bébé réagira au son de sa mère. Il se sentira donc accompagné et en sécurité une fois l'enregistrement lancé. L'importance de la voix maternelle est soulignée par le fait que "juste après la naissance, les nourrissons préfèrent cette voix familière à celle de toutes autres femmes ou à la voix de leur père." [781]

- **En mode relaxation**, de légères vibrations ordonnées qui s'activent pour masser et détendre le bébé nerveux ou qui pleure. La réaction similaire à celle prodigué par sa maman est déclenchée à travers les micro-vibreurs insérés sur certaines zones sensibles telles que : l'abdomen, le bas du dos et le bas des cuisses.

Le mode actif n'empêche pas qu'un second mode qui a la capacité de se déclencher de manière autonome vienne s'y ajouter.

En mode éveil sensoriel, les mouvements du bébé sur la couverture se transforment en animation lumineuse et sonore à travers les leds intégrés dans le tissu. Le degré de luminosité et de sonorité sera calculé selon l'intensité des mouvements captés. Or, si la maman souhaite additionner un quelconque autre mode au mode éveil, elle sera libre de le faire ou non. Ce degré d'intelligence qu'a acquis la couverture ne viendra d'aucune manière empiéter sur la liberté de décider quel mode activer ou non.

[781] David G. Meyers, *Psychologie* (Paris : Médecine -Sciences Flammarion), 81-82.

Ces réponses sont effectuées et reflétées à travers plusieurs types d'actionneurs insérés sous la surface de la couverture tels que des Leds, des mini haut-parleurs et des micro-vibreurs. Le choix de leur emplacement est déterminé pour que les effets fassent corps avec le tissu de la couverture. Cette solution permet donc d'accéder à un florilège d'expériences évitant ainsi que le bébé ne s'en lasse et qu'il s'y accoutume.

Les interactions sont assurées à travers un système d'analyse et de contrôle qui est la composante principale qui relie les capteurs aux actionneurs selon les scénarios d'usages transcrits. Il s'agit d'un microprocesseur capable de transformer les différentes formes d'appels émis par le bébé en commandes sollicitant l'actionneur en question selon le but prédéfini par l'application téléphonique et le mode associé. Ces actions sont réalisées grâce à l'association dudit micro-processeur à un programme qui lui donne accès au traitement et à l'analyse des données. Une fois cet assemblage de données effectué, Le système les transforme en commandes permettant d'activer les actions demandées et souhaitées par la personne responsable du bébé et sollicitées par l'actionneur principal qui reste le centre de cette solution : le bébé. En conséquence, toute réaction du nouveau-né sera retransmise via les capteurs au centre névralgique pour être décortiquée et transformée sous différentes autres formes selon le mode actif. Ainsi, la couverture, par l'entremise des nouvelles technologies, devient capable de prendre des décisions partiellement libres. La programmation est essentielle dans ce cas car c'est à travers l'Intelligence Artificielle que le produit e-textile fonctionne intelligemment et de manière autonome et avisé.

Il faut aussi mentionner que ce système est mis en marche grâce aux outils de transmission qui sont l'infrastructure conductrice assurant la connexion d'une part entre les différentes parties du système et qui permet d'autre part de faire circuler le flux des données entre elles. Une source d'alimentation rechargeable est essentielle pour que la couverture acquiert une certaine indépendance énergétique car comme chaque objet technologique elle a besoin d'énergie pour fonctionner. Une fois mise sous tension, la couverture a tout pour acquérir une certaine autonomie d'exécution des modes configurés et proposés.

La couverture est gérable via l'application téléphonique associée. Ainsi différentes interfaces sont conçues afin d'aider l'utilisateur à commander et à activer les différents modes d'utilisation contenant les fonctionnalités offertes. La connexion de la couverture à internet se fait via l'interface de l'application téléphonique associée et elle pourra être activée à travers

un paramétrage spécifique. Bien que le Bluetooth soit un outil de communication sans fils, il n'est pas en mesure d'assurer la transmission à longue distance des différentes opérations (actions et réactions). L'échange des données numériques entre la solution e-textile et les appareils électroniques associés qui sont les téléphones associés des parents ou des personnels de santé et contenant l'application est garantie à travers la connexion internet. Dans ce cas, même si le téléphone s'éloigne du périmètre de la couverture, la liaison se fait de manière continue puisque les deux appareils technologiques sont connectés au réseau Wifi ou 4G. Le module visible est verrouillé et c'est à l'adulte qui surveille l'enfant que revient le rôle de l'activer pour que le bébé puisse utiliser par exemple le mode éveil et profiter des effets sensoriels qu'il offre lorsqu'il le juge judicieux. Le module contient la puce qui permet de gérer toutes les opérations. Donc, le fait de le déverrouiller permet à la couverture d'exercer ses fonctions. Notons bien aussi que les composants intégrés dans le système électronique sont invisibles, étanches et légers.

La couverture aura la possibilité de résister au lavage après avoir retiré le module car les différents capteurs et composants intégrés sont étanches : *« Pour protéger les capteurs et les câbles, des résines souples étanches ou des vernis sont apposés. Dans le cas des textiles qui utilisent des fibres conductrices, les fibres sont isolées de l'extérieur grâce à une gaine, un surfil de polyamide qui va permettre d'isoler la matière plastique autour d'un fil conducteur »*[782]. Donc, normalement, il n'y aura pas problème par rapport au nettoyage de cette solution e-textile intelligente.

Le seul bémol reste, qu'il n'y a pas encore de solution pour rendre la batterie étanche. Donc elle doit être enlevée - retirée avant chaque lavage pour éviter son endommagement : *« Le plus gros problème demeure l'interconnexion entre toutes les pièces électroniques et les câbles, quelle que soit leur forme. Pour assurer l'étanchéité, une surcouche de résine ou un autre type d'isolant est apposé. « Cela permet de passer au lavage sans soucis, il faut simplement toujours bien penser à retirer la batterie », prévient Guillaume Tartare »*[783].

[782] Matthieu Combe, " *Peut-on laver et recycler un textile connecté ?* ". Collectif, *L'intelligence meilleur autour de la filière textile*, Paris : Technique de l'ingénieur, février 2018, 6, accessible sur le lien : https://www.leslivresblancs.fr/livre/filieres-specialisees/industrie/lintelligence-meilleur-atout-de-la-filiere-textile, consulté le : 07 Juin 2019.
[783] Ibid.

. Scénarios d'usages envisageables : les contraintes d'usage et de manipulation

Après avoir décrit le système électronique et informatique de la solution e-textile intelligente, plusieurs détails se sont mieux éclaircis. C'est ce qui nous permet actuellement d'expliquer les scénarios d'usage possibles d'être réalisés par la couverture en fonction du mode de son utilisation élémentaire et dans son approche primaire. C'est-à-dire, que les fonctionnalités augmentées insérées seront sollicitées selon que la couverture est utilisée pour emmailloter le bébé, pour le couvrir ou pour servir de tapis d'éveil. Chaque forme que va prendre la couverture donnera accès à un ou plusieurs des modes programmés. Ici, la couverture indique au microprocesseur sous quelle forme elle est pliée ou étalée, serrée ou desserrée afin que celui-ci adopte le mode de fonctionnement adéquat.

Situation 1 : Si le bébé dort.

La technique de l'emmaillotage que nous avons adoptée pour la conception de notre produit est une solution alternative permettant d'apporter au bébé une sensation de réconfort procurée par l'enveloppement dans la couverture. A travers cette ancienne technique d'entourer le bébé dans des morceaux de tissu doux, lui donne l'opportunité de dormir en toute sécurité et sérénité. Le fait d'être serré dans la couverture qui se plie et se ferme sur lui, lui fait sentir qu'il est à l'intérieur d'un cocon. Il éprouve ainsi un sentiment et une sensation comparable à celui ressenti lorsqu'il était encore au sein du fœtus maternel. Cette perception d'être enveloppé dans un bout de tissu est une idée qui accompagne notre existence de la naissance à la mort : nous naissons pour être emmaillotés et nous quittons cette vie emmaillotés dans un linceul.

Ce sentiment paisible d'être encore enveloppé dans le flanc maternel procure au bébé cette sensation de bien-être absolu surtout si le choix d'une matière textile légère adaptable avec tout type de climat. Il procure à son porteur une réelle impression de douceur, de souplesse et de finesse. C'est pourquoi notre choix s'est arrêté sur le lin comme matériau de base. On est ici face à une première fonction fondamentale du substrat textile qui apporte un confort à être utilisé pour emmailloter le bébé. Cette fonction basique crée une relation fusionnelle entre le porteur et le porté avant même qu'on ne pense à l'augmenter d'une manière technologique afin de lui procurer des fonctions et fonctionnalités intelligentes.

En tant que designer, il m'a fallu coordonner entre deux impératifs : concilier les caractéristiques du matériau utilisé et le degré de sentiment de sérénité insufflé au porteur. C'était une donnée qui devait être prise en considération bien avant que ne s'y ajoute celle des solutions technologiques. Ainsi, le matériau de base devait être approprié pour se plier aux exigences de l'utilisation à laquelle il est voué. Coupe et texture sont deux éléments primordiaux ayant un impact direct sur le porteur. Ce pourquoi le choix de la sélection d'un matériau au profit d'un autre n'est pas arbitraire car il dépend de l'idée conceptuelle du designer en charge du projet. En effet, la relation se noue d'emblée dès que la peau entre en contact avec le tissu. C'est donc de cette première rencontre que naît une sensation relationnelle liant l'utilisateur au substrat textile. N'oublions pas également de noter que la coupe doit être minutieusement étudiée puisque c'est d'elle que dépendra le degré de confort ressenti à l'intérieur de la solution textile. Un pli qui serre sur l'épiderme et voilà que le sentiment d'être incommodé dans le vêtement pointe. C'est ce désagrément qui doit être évité à tout prix.

Mis à part les fonctions premières[784] assurées par la couverture dans son état le plus simple, une somme de fonctionnalités vienne s'y associer à travers l'ajout d'éléments électroniques étudiés pour assurer les finalités que nous entendons lui procurer. Ainsi, lorsque le bébé dort, la couverture sera en mesure d'assurer toutes les fonctionnalités secondaires incorporées. Elles sont comme suit : la mesure des signes vitaux, de la température du bébé et de l'environnement qui l'entoure, des mouvements brusques, de l'intensité des cris du bébé … et la réponse adéquate en fonction de l'analyse des mesures relevées par le programme prédéfini, sinon l'envoi de message d'alerte en cas de changement brusque et subit des signes vitaux.

C'est ce qui permet d'établir de nouvelles relations entre le vêtement et son porteur.

- S'assurer de son état de santé.
- Veiller sur son bien-être.
- Lui permettre d'être en relation continue avec ses parents et le corps médical.
- Réagir de manière adéquate suite aux sollicitations émises par le bébé par le biais d'une ou de plusieurs stimulations sensorielles.

[784] Couvrir, réchauffer, protéger, procurer un sentiment de sécurité.

Différents types d'interactions se créent à travers cet ajout technologique qui permet d'amplifier les capacités du matériau textile basique. L'hybridation entre une somme de fonctions et de fonctionnalités permet de tirer profit des caractéristiques premières du matériau de base et des caractéristiques ajoutées par la solution technologique. C'est donc à travers cette rencontre de deux ensembles de matériaux et de leurs caractéristiques communes que se fera l'enrichissement et la complémentarité auxquels ils sont employés. D'où le profit dont va bénéficier le porteur et les différents utilisateurs.

De plus, le croisement entre deux domaines distincts celui du textile et celui de la technologie leur permet d'acquérir des possibilités d'usages qui les enrichissent mutuellement. Ceci démontre que cette union fortifie la collaboration et augmente les possibilités des démarches participatives à but commercial et donne un nouvel élan créatif à deux secteurs qui peuvent, à long terme, s'associer et fusionner. Les deux domaines se recréent et font peau neuve à travers l'évolution qu'a connue chacun d'eux. Leur croisement va bénéficier de leur complémentarité puisque l'un et l'autre vont tirer profit de cette rencontre. Cette union va leur permettre de proposer de nouvelles offres de solutions textiles technologiques qui vont susciter un engouement et une demande plus accrue. D'où les nouvelles requêtes et attentes de la part des utilisateurs-cibles qui vont encourager les spécialistes des domaines respectifs à tisser des relations de plus en plus étroites. Cette quête de l'inédit va les pousser à proposer et à inventer une multitude d'offres de solution e-textile intelligent répondant à leurs désirs.

Situation 2 : Si le bébé est réveillé.

Lorsque le bébé est réveillé, forcément il bouge d'une manière naturelle. Même si les gestes qu'il fait avec les bras et avec les jambes ne sont pas toujours puissants ou fortement accélérés, ces derniers nécessitent quand même une certaine aisance. C'est pour cette raison que la couverture peut être desserrée pour que le bébé puisse bouger librement. Il peut tout de même être couvert sans entraver ses mouvements. La couverture sera ainsi fermée d'une manière plus relâchée afin de lui donner plus de liberté d'action.

Si le bébé dort et qu'il se réveille sans qu'on s'en rende compte comment peut-on faire pour lui desserrer la couverture qui le coconne ?

Une notification sur le téléphone de la personne en charge, l'alertera que le bébé est peut-être réveillé. Cela se fait d'après l'analyse des données effectuées à travers les mesures prélevées

par le capteur de mouvement. Nous savons que les signes vitaux tels que les battements de cœur, la respiration ainsi que les signaux neurologiques baissent durant les phases de sommeil. D'après les recherches et les observations nous avons remarqué que les fréquences ne sont pas les mêmes quand le corps est en phase de repos ou quand il bouge. Un changement de ces paramètres indiquera que le bébé passe d'un état à un autre. Suite au déclenchement du capteur de mouvements et à la détection d'un changement brusque, les capteurs de signes vitaux ciblant les zones concernées indiqueront et confirmeront cette transformation. Ils enverront ces relevés au processeur qui les analysera et « décidera » de déclencher le mode adéquat. La couverture signale que le bébé n'est plus dans l'état de l'endormissement mais du réveil. Comme nous venons de le signaler dans le scénario 1. Les capacités qu'offre cette solution e-textile technologique sont applicables à tout état, situation et circonstance. Leurs déclenchements nécessitent une action bien déterminée par au moins l'un des capteurs insérés et c'est ce qui offrira la capacité de générer une réaction en conséquence.

Lorsque le bébé bouge trop, il y a deux scénarios possibles :

-soit le bébé exprime un malaise et donc cet excès est accompagné d'indices (cris, pleurs, …) reflétant un mal-être. Dans le premier cas, les capteurs sonores s'activent en analysant l'intensité et le timbre de la voix du bébé. Dans le deuxième cas, les capteurs de mouvement s'activent en analysant l'intensité des mouvements des bras et des jambes du bébé. C'est donc de l'adjonction de deux signes distinctifs que se fera la différenciation entre un état d'humeur et un autre, emmenant ainsi la couverture à choisir entre tel scénario ou tel autre. Ce scénario exige un déclenchement du mode apaisement et/ou relaxation puisque tout dépend des paramètres relevés afin de calmer le bébé agité.

-soit le bébé est agité et que son état d'humeur reflète un état de joie et de bonne humeur puisqu'il est accompagné de rires, de signes d'euphorie reflétés par des sonorités qui caractérisent sa joie. Le détecteur de son et les autres capteurs relèveront ces signaux, les décortiqueront et signaleront par l'entremise du microprocesseur que ce changement d'humeur n'exprime pas un mal-être mais, au contraire, un bien-être. Ce scénario n'exige aucune intervention de la couverture sauf si la personne en charge décide qu'il est judicieux d'activer le mode éveil qui sera expliqué dans la partie suivante.

L'intelligence artificielle joue ici un rôle primordial lui permettant de distinguer entre un état d'humeur et un autre. Le mode de fonctionnement en cours dépendra du scénario détecté. Les modes d'utilisation varient donc selon le besoin du bébé et à travers la détection de son état physique, physiologique et psychique.

Situation 3 : Si le bébé joue.

Quand le bébé est réveillé et joyeux, le mode éveil[785] peut être déclenché par une tierce personne qui veut saisir cette opportunité afin d'éveiller ses sens et sa curiosité. Tout cela dans un but didactique et cognitif.

En effet, recourir à ce mode juge peut se faire en ciblant trois résultats différents :

- Le premier est ludique.
- Le second vise à occuper le bébé.
- Le troisième cible un changement de son humeur.

Ce mode est activé à travers l'interface de l'application téléphonique qui figure sur le smartphone des parents ou du personnel de santé en charge du bébé. Des stimuli sensoriels différents et variés sont en mesure de le distraire, de lui changer d'humeur, de l'éveiller, de l'éduquer, de le détendre et de lui redonner le sourire par exemple après un acte médical. La couverture pourra être utilisée d'une nouvelle manière grâce à sa capacité à être modulable, en tant que tapis d'éveil.

Pour résumer, pour chaque état et circonstance auxquels est confronté le bébé, la couverture sera en mesure d'adopter non seulement un mode fonctionnel adéquat, mais elle se verra dans la capacité d'épouser et de prendre une nouvelle forme offrant ainsi aux différents actants de nouvelles possibilités et opportunités d'usages :

[785] D'où le choix du mode éveil comme incitateur et comme stimulateur des différents sens du petit dans le seul but : l'éveillé. Le bébé est alors en quête de construction, il cherche dès tout petit à acquérir ses caractéristiques fondamentales propres à lui, qui vont déterminer plus tard une partie de son comportement et de son mode de vie. Pour ces différentes raisons, inciter ses sens, lui permet d'apercevoir son environnement et son corps. Ça le laisse en quête perpétuelle de découverte et d'exploration des différents stimuli qui l'entourent. Et donc la perception sensorielle est très importante. L'éveil sensoriel est le meilleur moyen d'entrer dans le monde du futur enfant et de l'explorer afin de le stimuler puisque le sensoriel joue un rôle très important dans le développement de la perception chez lui.

- Il dort : l'emmaillotage comme outil ciblant l'effet de la technique (enveloppement)mis à part la fonction primaire de la couverture (couvrir et réchauffer) auquel s'ajoutent les fonctionnalités offertes par la solution technologique (mesures des différents paramètres physique et physiologique et agir en fonction des résultats).
- Il est réveillé : un outil qui vient se poser sur le bébé pour lui donner plus de liberté de mouvement. Il permet d'assurer les mêmes fonctions primaires et d'accéder aux mêmes fonctionnalités secondaires.
- Il joue : un outil qui vient se poser sous le bébé et qui assure de nouvelles fonctions primaires (protéger le bébé d'un contact direct avec le sol) et de nouvelles fonctionnalités secondaires (produire des stimulations sensorielles pour l'éveiller).

Quels sont les différents modes d'interactions possibles proposés selon les scénarios d'usages envisagés par cette interface de synthèses relationnelles ?

. Les modes d'interaction : action et réaction entre les différents acteurs intérieurs et extérieurs à la solution e-textile

La solution e-textile, selon cette conception, est une d'interface de synthèse relationnelle. C'est-à-dire que la couverture dépasse le fait d'être un simple substrat textile et s'attribue le qualificatif d'interface. Cela est permis à partir du module et des composants associés et connectés à l'application téléphonique qui gèrent ladite couverture intelligente. Le module joue le rôle d'une borne de commande responsable de gérer et de diriger les réactions selon la situation car le microprocesseur y est introduit. Celui-ci est le cerveau qui orchestre les différentes tâches entre-elles qu'elles proviennent de l'interface téléphonique, c'est-à-dire du choix raisonné et réfléchis de l'adulte qui la gère et qui est en mesure de prendre tel ou tel décision selon une circonstance bien précise : état de santé critique. Sinon, les différents actionneurs se chargent d'effectuer de manière autonome les opérations appropriées préprogrammées par l'intermédiaire de l'intelligence artificielles. L'intervention humaine est requise et permet ainsi d'opter librement d'activer le mode éveil que le bébé soit sur ou couvert par la couverture intelligente. Ici, il n'y a presque aucune restriction quant au libre choix des décideurs. En effet, l'intelligence artificielle se permettra de contrôler le bébé mais cela se fera sous le regard attentif d'un adulte. Nous avons ainsi évité de donner un pouvoir

non contrôler à l'intelligence artificielle. La symbiotisation de la couverture par l'attirail électronique lui confère une intelligence sauf que celle-ci ne viendra pas phagocyter le libre arbitre humain. Le choix de ne pas munir le module de touches est également un choix réfléchi de notre part. Le passage par l'interface téléphonique est non pas par des touches ou une interface tactile ajoutée au module nous fait éviter des manipulations accidentelles pouvant altérer le bon fonctionnement de la solution textile intelligente. Rappelons que celle-ci est dédiée à être utilisée pour le bien-être d'un bébé qui, et cela est tout à fait naturelle, est en pleine découverte des capacités de son corps et de son environnement. En d'autres termes de ses propriétés proprioceptives.

Plusieurs types d'interactions sont possibles à travers ce produit-service et c'est pour cette raison qu'on lui a attribué le qualificatif d'être une solution de synthèse relationnelle. Nous allons à travers les différents scénarios d'usages confrontés plus haut déchiffrer le nombre des éventuelles interactions.

On est ici face à trois types d'interactions :

1- Une interaction interne entre les différents composants électroniques et le substrat textile qui les accueille.
2- Une interaction externe qui comporte deux sens.
- Une première entre le dispositif textile électronique, son porteur et l'environnement qui l'entoure.
- Une deuxième entre le même dispositif et une tierce personne que ce soit le personnel médical ou l'un des parents via l'application téléphonique associée.

Nous sommes redevables de fournir une explication pour chaque type d'interaction afin d'assurer une meilleure compréhension du projet.

Nous allons commencer par le premier type d'interaction qui peut être qualifié d'interaction interne puisqu'il est basé sur une relation d'échange entre les différents composants qui forme le système électronique. Comme nous venons de les citer, pour qu'un système électronique soit intégré dans un substrat quelconque et qui est dans notre cas le textile, une connexion entre les différents éléments qui le constituent est impérative. Les capteurs donnent des ordres aux actionneurs qui seront donc en mesure d'afficher le résultat souhaité. Le microprocesseur est l'élément principal qui joue le rôle d'entité calculatrice permettant

d'ordonner les actions et réactions entre les différentes entrées et sorties en interaction continues. Le logiciel joue le rôle d'entité analytique de cette entité automatique capable de prendre des décisions de manière autonome et spontanée grâce à la capacité offerte par l'intelligence artificielle. C'est grâce à cette dualité que s'ouvrent des possibilités exceptionnelles et surprenantes permettant d'aider l'humain à accomplir certaines tâches ou en quelque sorte de l'assister pour les faire.

Après l'activation de la couverture, l'utilisateur se retrouve est face à deux schémas d'interaction interne selon le mode d'utilisation choisi ou autonome :

1- Schéma du mode éveil choisi :

Interface téléphonique→ module (4G+ antenne wifi+ microprocesseur) : activer le mode choisi et les interactions adaptées →activation des capteurs sensoriels (tactile et sonore)→ actionneurs (leds, mini haut-parleur).

Le fonctionnement des capteurs sensoriels est comme suit :
-Les capteurs tactiles s'activent dès que les mains ou les pieds ou une autre partie du corps vient exercer une pression sur l'un ou l'autre des capteurs éparpillés de manière aléatoire sur la couverture qui peut aussi servir de tapis d'éveil.

Le fonctionnement des actionneurs est comme suit :
-Les leds vont s'allumer et s'animer en fonction des pressions exercées par le bébé, donnant vie à un tableau de lumière évolutif différent à chaque fois.
-Les mini haut-parleurs vont donner lieu à une expérience interactive entre la maman et une des solutions qui y est intégrée. En effet, il sera mis à sa disposition plusieurs histoires accompagnées de pistes sonores qui leurs sont dédiées. Ainsi, si les évènements de la première histoire se déroulent dans une forêt. Une piste audio avec les différents bruitages de ce lieu seront joint à celle-ci. Tout ceci va permettre à la maman de joindre sa voix entrain de raconter l'histoire et de l'enregistrer sur la piste dédiée. Nous pensons qu'une telle approche cible plusieurs stimulations sensorielles et permet d'avoir plusieurs résultats :

- Éveil aux différentes sonorités propres à un milieu déterminé (dans notre exemple, la forêt : gazouillement d'oiseaux, vent, ruissellement de l'eau d'une rivière, …).

- Éveil à la diction de la maman et à la musicalité de sa voix.

A un âge un peu plus avancé, nous pouvons mettre à profit cette solution afin d'accommoder le petit enfant à un champ lexical en rapport avec un thème précis.
Tout ceci n'omet pas le fait que faire participer la mère est un choix réfléchi puisque la voix maternelle a un impact très important sur la psychologie de son enfant et qu'elle est la plus à même de le réconforter.

2- Schéma du mode relaxation et / ou apaisement autonome :

Capteurs (sensoriels et de signes vitaux)→ module (choix du ou des modes adéquats)→ actionneurs (choix du ou des mécanismes à utiliser selon le ou les modes activés par le module)→Capteurs (si bébé se calme ou non)→ module (analyse des données)

S'il ne se calme pas :
Capteurs (sensoriels et de signes vitaux)→ module (choix du ou des modes adéquats)→ actionneurs (choix du ou des mécanismes à utiliser selon le ou les modes activés par le module)→ Capteurs (si bébé se calme ou non)→ module (analyse des données)→ interface téléphonique (notifications).

Le schéma du mode relaxation et / ou apaisement fonctionne sous forme de cycle. La boucle peut se clore lorsque les actionneurs entrés en jeu ont réussi à calmer le bébé et que les détecteurs confirment cet état après analyse. Sauf que si les détecteurs affirment que ce n'est pas le cas, alors le module viendra confirmer que l'état du bébé ne s'est pas amélioré et prendra la décision d'envoyer un message alertant les personnes qui s'en chargent.

Si : l'état de santé du bébé est détérioré : deux scénarios sont envisageables

1- Capteurs (sensoriels et des signes vitaux)→ module (choix du mode)→ interface téléphonique (message d'alerte et activation du ou des modes proposés)→ actionneurs (choix du ou des mécanismes à utiliser selon le ou les modes activés par le module et sa validation via l'interface)

2- Capteurs (sensoriels et des signes vitaux)→ module (choix du ou des modes)→ interface téléphonique (message d'alerte)

Dans le scénario 1, les décideurs (l'un des parents et généralement le personnel soignant compétant)prennent la décision d'activer l'un ou les deux modes proposés par le module et reçu sous forme de notification comme solution thérapeutique non médicamenteuse.
Dans le scénario 2, les mêmes personnes pensent qu'il est judicieux de négliger la notification puisqu'ils jugent que l'état du bébé est critique et qu'il est préférable que la solution e-textile n'intervienne pas à la place du médecin en charge du bébé.

Ensuite, une réaction externe qui comporte deux imbrications doivent être décrites.

Une première interaction entre la couverture et le corps de son porteur : la première solution consiste en une mesure des relevés physiologiques du bébé. La deuxième solution qu'apporte la couverture c'est de s'adapter à ces derniers. Donc, si le bébé gigote trop la couverture peut relever ce surplus de mouvements et réagir en conséquence. Comment ceci pourrait-il se concrétiser sur le plan réel ?

Des capteurs situés au bas de la couverture aux côtés droit et gauche, au milieu du dos et sur les hanches mesurent le degré et l'intensité des mouvements du bébé. Si ceux-ci sont de moyennes intensités, la couverture s'adapte et renvoie une musique douce, calmante, apaisante. Elle peut également faire jaillir une lumière relaxante ou qui favorise l'endormissement. Or, si par contre les mouvements sont de fortes intensités et qu'ils dépassent un laps de temps déterminé, alors là, la couverture connectée peut prendre l'initiative d'envoyer un signal informant la mère ou le père de la situation. Autre intérêt de cette couverture, mesurer la température ambiante de la chambre et en informer les responsables de la situation pour décider d'agir en conséquence. Bien sûr ces deux exemples ne doivent pas occulter les réelles raisons de la création de cette solution qui est, rappelons-le, de garder un suivi en temps réel des signes vitaux du nouveau-né ou du bébé et de réagir en fonction.

C'est à travers les interactions internes que s'engendrent les interactions externes. Les relations internes sont sine qua none aux relations externes. Sans elles, la couverture

intelligente serait presque une solution renfermée sur elle-même. Cette autosuffisance n'aurait pas permis l'enrichissement et la multiplication des possibilités offertes et réalisables par cette solution e-textile intelligente.
Une deuxième interaction entre la couverture et la personne qui gère l'application téléphonique :

En cas de danger signalé par une perturbation des signes vitaux du bébé, une notification d'alerte est envoyée via l'application téléphonique pour avertir le corps médical d'une part et les parents d'autre part du danger que court le bébé. Une suggestion du mode de relaxation et / ou d'apaisement est déterminée afin d'essayer de calmer le bébé en attendant l'intervention des personnes concernées. L'un des destinataires de cette recommandation pourra être en mesure de la confirmer ou de la négliger en fonctions des paramètres affichés décrivant et expliquant l'état physique et psychique du petit. Or, si ces paramètres confirment une aggravation de l'état de santé du porteur, les parents sont généralement favorables à ce que les services spécialisés prennent les décisions adéquates à leur place. L'application téléphonique donne aux parents la possibilité d'accéder au micro de la couverture et ainsi d'écouter en directe la voix de leur bébé. Pour éviter un stress continu, les parents ont le choix de désactiver cette solution suite à une intervention du cadre médical.

Nous pensons qu'intégrer cette option dans la couverture est intéressant d'un point de vue matériel et d'un point de vue psychologique. Le bénéfice du premier point est que l'achat de la couverture évitera au parent d'avoir à acquérir un "Babyphone" mais également que cette solution leur donne la possibilité d'entendre à n'importe quel moment et en temps réel la voix de leur petit et cela leur permet de se sentir à ses coté en toutes circonstances.

Toutes ces interactions nous permettent de déduire que la couverture électronique intelligente dépasse le premier degré de sa fonction qui est de couvrir le bébé pour le protéger du froid, d'une part. D'autre part, pour lui procurer le sentiment de bien-être et de confort dû à la sensation d'enveloppement appuyé par la forme choisie et qui s'inspire de la technique de l'emmaillotage soutenant ainsi cette fonction. Cependant, cet attirail technologique incorporé dans ladite couverture lui permet d'acquérir de nouvelles fonctionnalités beaucoup plus développées et beaucoup plus pointues. Tout cela dans le but de créer une synergie entre le porteur et le porté basée sur les échanges que la solution e-textile permet d'entretenir entre eux. On est ici face à une amplification des fonctions et des fonctionnalités du produit textile

jugé comme étant un objet relationnel depuis toujours. Car, au-delà de sa fonction première qui, comme nous l'avons déjà dit, est de couvrir pour protéger, la couverture a été symbiotisée par la technologie et est devenue augmenté, c'est-à-dire dotée de nouvelles fonctionnalités intelligentes.

Aujourd'hui, quelle est la qualité de l'ensemble des relations naissant de cette augmentation du substrat textile par l'ajout des solutions technologiques ? Ces nouvelles formes d'interactions se sont-elles vues évoluer qualitativement et quantitativement ? En d'autres termes, cette qualité relationnelle a-t-elle gagné en charge informationnelle et en quantité d'échanges et d'interactions ?

Avant de lui attribuer le qualificatif d'interface relationnelle de par l'ajout technologique, la couverture dans son état brut est considérée comme interface. Pourquoi pouvons-nous avancer une telle affirmation ?

La couverture porte en elle, en tant qu'objet du quotidien, un ensemble de valeurs symboliques propres à l'objet dans sa première dimension. Elle symbolise la chaleur, la tiédeur, l'enveloppement, la sérénité, l'endormissement, le repos, le bien-être chez soi, en un mot tout ce qui a attrait avec un état de quiétude. Cette lecture du paradigme « couverture » qui se décline et inspire une multitude de perceptions et de représentations est créateur et générateur de l'idée même d'interface basique. Car ne l'oublions pas l'interface est ce qui donne à voir ou à apercevoir voire même, dans des cas, à percevoir. Dans ce sens où nous percevons l'effet de la chaleur et nous la souhaitons lorsque nous avons en tête l'idée de se munir de cet objet textile pour l'utiliser afin de parvenir à concrétiser ce que nous en attendons. Cet échange relationnel est certes imagé avant qu'il ne devienne réel, qu'il ne se matérialise en tant que sensation perceptible par notre épiderme.

Est-ce le cas concernant l'interface textile augmentée technologiquement ?

Aujourd'hui malgré que la solution e-textile se résume à être une interface de synthèse relationnelle, il n'en reste pas moins que c'est une structure réseautique, réticulaire et qu'elle n'a pas perdu ses fonctions premières. Au contraire, elle les a conservées et s'est enrichie et augmentée de nouvelles fonctionnalités supplémentaires. Il est nécessaire aujourd'hui de s'interroger sur la qualité de ces nouvelles relations puisque la technologie est venue

imprégner et intégrer ces vêtements et modifier leurs structures primaires. Elle est dorénavant l'amalgame de deux types de matériaux différents aboutissant à concrétiser une nouvelle relation entre eux, entre cette entité, le porteur et l'environnement qui l'entoure. La technologie va être un supplément fonctionnel qui va définir d'autres propriétés relationnelles.

Pour expliquer la qualité de l'ensemble des relations qui vont naître à travers cette augmentation du substrat textile par l'ajout des solutions technologiques, nous allons démontrer les différents intervenants participant dans l'ancienne interface relationnelle. Bien que l'objet textile ne soit pas technologique, nous lui attribuons le qualificatif d'interface relationnel puisqu'il assure une relation entre :la simple couverture, son porteur et l'environnement matériel et immatériel qui l'entoure. A cette ancienne interaction s'ajoute de nouveaux acteurs qui sont les composants électroniques qui vont permettre à cette future solution e-technologique d'augmenter ses capacités. On est alors face à une multiplication de la quantité d'acteurs. Cette prolifération des participants va donner lieu à une nouvelle et différente qualité relationnelle régit de par les nouvelles fonctionnalités additionnées. Ajouter l'attribution de « synthèse » à notre interface relationnelle revient à lui octroyer le pouvoir d'opérer par le biais d'une « intelligence » une collecte d'ensemble d'éléments et de les organiser d'une manière cohérente afin de les synthétiser aboutissant ainsi à un résultat concret (sensible par le porteur) et autonome (puisque l'analyses des données dépend uniquement du microprocesseur et de son programme intelligent). Dans le cas de notre couverture, faisant office de solution e-textile augmentée est donc d'une interface de synthèse relationnelle, la synthèse se fera par le biais de la collecte des différentes données requises afin les synthétiser pour aboutir à une réaction réfléchie à travers l'entremise du programme géré par l'intelligence artificielle.

La qualité relationnelle et informationnelle est dénuée de toute subjectivité humaine puisqu'elle ne dépend que de l'objectivité sans faille des différents calculateurs mis à la disposition de la solution e-textile. Le microprocesseur et le ou les programmes qui lui sont alloués ne se perdront pas en plusieurs tergiversations pour trouver une solution à un problème ou une situation donnée. Au contraire, l'objectivité qui leur est propre fera toujours en sorte qu'une solution sera impérativement trouvée à tout problème posé. Nous sommes

face à la rigueur et l'empirisme scientifique qui viennent prendre la place de la subjectivité humaine.
Les qualités des nouvelles interactions peuvent être énumérées comme suit :
-relation porteur / porté à type de qualité d'échange informationnelle augmentée.
- pluralité et fluidité de la qualité des échanges informationnels.
- les relevés effectués ciblent une ou plusieurs parties du corps du porteur selon le but recherché par la solution e-textile technologique.
- l'analyse et les résultats donnés sont faits immédiatement sans délais d'attente.
- le porteur et le porté entretiennent une relation d'échange dont les effets se font ressentir dès que le besoin se crée.
- un dialogue s'établit entre les deux entités : le porteur donne une raison d'être à la solution e-textile technologique, puisque celle-ci a été créée en adéquation avec ses attentes. Le résultat vient se plier aux ordres et commandes du porteur dès que celui-ci sent le besoin d'en bénéficier.

Ce sont là des caractéristiques propres à tous types de solutions e-textiles augmentées.

Une solution e-textile technologique mêle deux effets inaliénables. Ils sont complémentaires. La mutation technologique n'a pas dénudé la solution de ses effets général et primaire mais lui a attribué de nouveaux effets ciblés. L'objet textile dans son état premier possède des effets pluriels qui touchent la totalité de la partie du corps concernée. A cela vient s'ajouter une spécialisation et une réduction des zones ciblées pour aboutir à un effet sur le bien-être en général ou sur une partie du corps concernée par le résultat souhaité.

En effet, ce changement se faisant dans la direction de l'évolution, il crée une transformation dans la nature même de la raison d'être de l'élément électronique et du matériau textile qui gagnent en performance. D'où cet échange de la nature évolutive de l'un et de l'autre d'où le bénéfice commun que vont tirer les deux domaines de cette transformation. Il n'est plus à cacher et à nier que, dorénavant, la miniaturisation d'un processeur bénéficiera d'une quelconque manière à une intégration beaucoup plus furtive dans notre solution e-textile ou dans n'importe quelle autre. Il en est de même pour la couverture qui devra s'adapter et donc évoluer pour pouvoir créer l'interstice nécessaire pour accueillir d'une manière optimale ce microprocesseur. Il est clair donc qu'une évolution touchant l'un ou l'autre des deux domaines en question aura un impact qualitatif et quantitatif voire même caractéristique sur le

résultat final puisque celui-ci ne peut s'effectuer et se concrétiser physiquement qu'à travers l'union de ces deux domaines.

Ce point soulevé ici en fin de partie, vient résumer en quelques sortes une des problématiques soulevées par notre thèse. Il concerne ce dialogue qui se fait et qui se crée en ayant en vue le désir d'inventer un échange interactif entre la tradition du matériau textile et la touche de modernité qui vient se greffer aux caractéristiques originelles de l'objet textile en question. Ainsi, tradition et modernité vont s'associer pour créer un florilège de possibilités donnant corps de nouveaux échanges et de nouveaux types d'interactions. C'est pour ces raisons et pour d'autres, que nous attribuons à cette solution e-textile intelligente le qualificatif d'être une interface de synthèse relationnelle.

. Aboutissement du projet :

Pour clore la partie recherche et développement de mon projet, un récapitulatif s'impose. L'idée de ce projet consiste à concevoir une couverture active qui surveille de manière autonome divers paramètres physiologiques du bébé tels que la température, le rythme cardiaque, les mouvements. Celle-ci est aussi en mesure de vérifier l'état d'humeur du petit en examinant le taux d'agitation et de mouvement, ainsi que ses cris et ses pleurs. La solution e-textile intelligente assure de manière continue la transmission des informations relatives à l'état physique et psychique du bébé porteur aux différents utilisateurs en mesure de gérer cette solution. En se basant sur les données recueillies ainsi que leurs analyses, les paramètres peuvent être transmis de manière continue, en temps réel selon le cas auquel est confronté le petit. L'urgence ne se fera ressentir que si les relevées des paramètres vitaux indiquent un cas d'état de santé critique. Le relevé des informations de manière continue, donne aux parents et aux corps médical la possibilité de garder un œil sur l'état de santé du porteur, mais aussi de se donner la possibilité de la décortiquer et de l'analyser en temps réel. Certes, nous avons permis à notre solution e-technologique d'avoir ces prérogatives, sauf que, l'intervention et la lecture humaine sont parfois nécessaires et préférables à l'intervention et la prise de décision unilatérale de l'IA. La couverture contenant la solution embarquée aura la capacité de répondre de manière autonome dans des circonstances précises et préprogrammées. Si l'état est constant une prise de décision sera établie par la couverture sinon en cas d'urgence la décision reviendra à des personnes compétentes.

Cette la solution e-textile permet de créer un lien fusionnel entre elle en tant que rencontre de deux entités, l'une textile et l'autre technologique. Un deuxième lien s'établie entre la couverture intelligente et son porteur. Un troisième vient s'ajouter aux deux autres puisqu'elle interagit avec l'utilisateur de l'application téléphonique qui lui est associée. Ces interactions se font en fonction des transformations que peut subir l'environnement matériel et immatériel. Il s'agit d'une nouvelle manière de communiquer à travers une nouvelle forme d'interface homme /machine sophistiquée et intelligente.

Ce projet pourra être expérimenté dans le cadre des recherches menées pour développer les nouvelles méthodes de soins médicamenteuses et/ou non médicamenteuses destinées aux bébés dans les hôpitaux. Expliquons pourquoi nous avons différencié entre les deux types de soins. La couverture peut être en mesure d'intervenir dans des séances de soins médicamenteuses pour calmer le bébé. Donc, cette intervention est considérée comme une thérapie non médicamenteuse qui procure au bébé une sensation de bien-être. Cet exemple de solution peut aussi être utilisé en dehors de l'hôpital pour des bébés qui souffrent de maladies chroniques ou autres mais qui ne nécessitent pas d'être alités dans un espace de soin spécialisé. Elle est créée dans le but de s'assurer de leur état de santé tout en offrant la possibilité d'être toujours relié à leurs parents ainsi qu'à leurs médecins traitants. Elle donne aussi la possibilité d'apaiser les crises en stimulant leurs sens à travers les modes de relaxation et d'apaisement proposés. Les parents peuvent ainsi utiliser cette création à la maison ou ailleurs afin d'assister leur petits et les aider à se calmer tout en ayant la possibilité de s'assurer en temps et en heure de leur état de santé. Donc, ce genre de dispositif intelligent donne à son porteur et aux autres utilisateurs (que ce soit les parents ou le personnel de santé qualifié) la possibilité d'être utilisé à n'importe quel moment, n'importe où et c'est ce qui lui attribue le qualificatif d'être un produit technologique portable rejoignant ici l'idée maitresse inventée par Mark Weiser père de « l'ubiquiting computing ». Elle consiste à intégrer de manière discrète et invisible un système intelligent (l'ordinateur) dans des objets du quotidien aboutissant à une solution qui paraissait futuriste en son temps. Celle-ci, comme nous le constatons actuellement a été rattrapée et est devenue concrètement réalise et fonctionnelle. Elle permet d'accéder et d'assurer un fonctionnement ‘'en tout temps et en tout lieu'' d'une solution technologiquement augmentée.

Notre projet ainsi que d'autres donnent raison à la vision de ce précurseur.

Le prototype à venir a pour aspiration d'atteindre un degré de portabilité et de perfectionnement technologique confirmant la vision de Steve Mann tout en bénéficiant des usages prédits par Mark Weiser. Celui-ci pourra être testé en premier lieu dans un laboratoire par des ingénieurs en électronique et en informatique pour s'assurer de sa mise en marche et des interactions envisageables. Suite à ces essaies, s'ils sont concluants, nous aurons à appliquer cette solution sur des bébés âgés de moins d'un an, résidents dans un centre de soin médicalisé, afin que le retour d'expérience soit confirmé. Le produit-service e-textile sera expérimenté par le personnel médical responsable de la surveillance et de l'assistance des petits patients. Ces spécialistes seront en mesure de valider les fonctionnalités proposées et d'affirmer ou remettre en question la pertinence de cette solution. L'efficacité de notre projet va, soit nous démontrer qu'il peut être encore plus amélioré suite aux défaillances ou problèmes rencontrés lors de son utilisation soit qu'il sera validé comme solution e-textile intelligente fonctionnelle et apte à être utilisée comme un soin thérapeutique non médicamenteux dans ce genre de situation. Et par là, recevoir une habilitation par les services compétents pour qu'elle soit commercialisée à grande échelle.

Un prototype du modèle définitif, déterminé selon un cahier des charges établi, sera proposé aux différents centres médicalisés spécialisés dans la petite enfance et qui pourront être intéressés par une éventuelle collaboration dans le but de l'intégrer dans leurs pratiques de soin quotidiennes proposant de nouvelles solutions thérapeutiques non médicamenteuses. Le projet sera exposé à de potentiels investisseurs pour être validé et pouvoir acquérir un financement nous aidant, moi en tant que designer et la future équipe pluridisciplinaire à recruter, à le développer. Ainsi nous aboutirons à une forme finale bien meilleure que celle qui est née de l'ébauche de ce projet. La commercialisation requiert une forme épurée avec une qualité de finition irréprochable garantissant une discrétisation et une efficacité sans faille des composants électroniques. Le produit final doit essayer de se hisser vers une forme dont l'esthétique et l'ergonomie atteignent une forme de perfection qui va de pair avec la valeur humaine du ‘’consommateur’’ cible. Ne l'oublions pas et ne perdons pas de vue, le but primaire qui m'a poussée à réfléchir à une pareille solution e-textile technologique intelligente qui est d'éviter à tout bébé quel que soit ses origines, sa couleur, sa culture, de vivre des conditions d'hospitalisation digne de l'espoir et de la vie qui se renouvellent par sa naissance. C'est à cette beauté et à cette fragilité que j'ai voulu dédier cette couverture

"Sensorelyna". Mon expérience de mère m'a encouragée à mettre à profit mon expérience de designer produit industriel et artisanal pour éviter que d'autres enfants ou d'autres parents passent par les mêmes circonstances « dramatiques » que nous avons vécues moi et ma fille.

De cette façon, nous pouvons voir pourquoi, comment et où le design textile se développe dans un mouvement intrinsèque à la discipline pour épouser l'air du temps et pouvoir évoluer en conséquence. Il est développé comme une stratégie amenant à changer le comportement des gens et créer ainsi de nouveaux besoins facilitant la vie et ouvrant la voie à des usages inédits de l'objet textile et/ou vestimentaire. Un tel projet soutient cette approche novatrice de la création accroissant les perspectives de cette discipline qui se voit muter et s'ouvrir à d'autres champs disciplinaires divergents. Le designer va converger en combinant les approches multiples afin d'aboutir à un projet global dans le but d'une alternative de commercialisation. Il s'agit d'une préoccupation amenant à trouver de nouveaux partenariats afin d'enrichir ses relations interdisciplinaires et y puiser des idées inauguratrices faisant naître des solutions e-textiles intelligentes pour résoudre des problématiques d'ordre social.

Partie conception et réalisation

Il s'agit de concevoir une solution e-textile évolutive conçue au départ pour une cible âgée entre 0 et 1 ans comme étant une couverture d'emmaillotage ou aussi comme un tapis d'éveil. Celle-ci pourra être utilisée dans un âge plus avancé comme étant une couverture intelligente sans qu'elle ait pour but impératif d'avoir recours à la technique d'emmaillotage. D'où le côté polymorphe de notre solution intelligente. Pour développer la partie conceptuelle de notre projet nous aurons besoin de clarifier certaines notions clés par rapport à la psychologie de la petite enfance. Une recherche sur le développement cognitif et social de la tranche d'âge visée est nécessaire pour définir notre choix par rapport à leur perception des couleurs, des formes, des sonorités et des textures qui peuvent susciter leur intérêt. Ce qui est ciblé, entre autres, à travers cette approche c'est la perspective développementale[786] du bébé.

Cette étude va forcément nous aider à définir les axes de recherches graphiques. D'une part, elle nous permettra d'effectuer un choix judicieux quant à la technique adoptée pour le bon

[786] La perspective développementale étudie le changement physique, mentale, sociale qui survient et varie au cours du cycle de la vie : Meyers, *psychologie,* 77.

fonctionnement et la perfectibilité de notre solution e-textile afin que le bébé puisse en tirer un maximum de profit. Nous avons préféré intervenir sur le choix de la technique d'enveloppement car la manière avec laquelle sera couvert le bébé permettra à notre solution intelligente d'atteindre un degré optimal de fonctionnement. Ainsi la qualité du service fourni ne sera pas altérée par une mauvaise technique d'emmaillotage. D'autre part, cette étude déterminera aussi les éléments sensoriels adéquats pouvant être insérés dans la couverture pour assurer le bon fonctionnement des différentes stimulations sensorielles préprogrammées. Toutes les informations collectées au cours de notre étude, dans la partie recherche et développement, qu'elles soient en rapport avec la cible ou en rapport avec les attentes des parents ou du personnel médical vont nous aider à concevoir une proposition de couverture avec des normes précises qui répondront aux exigences des différents utilisateurs.

Dans la partie conception et réalisation, je vais conceptualiser l'idée qui m'a été inspirée à travers les examens et les approfondissements et à laquelle j'ai donné corps dans la partie recherche et développement.

. Inspiration :

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes appuyés, pour l'élaboration de la partie conceptuelle, sur différents axes de recherches formels inspirés de deux notions clés : la technique de l'emmaillotage, d'une part et la perception sensorielle à travers la sollicitation des sens de l'utilisateur-cible, d'autre part. Ces deux concepts vont être la source d'inspiration qui va déterminer les bases et les fondements de cette approche conceptuelle ainsi que des recherches graphiques du projet.

Nous allons commencer tout d'abord par définir le sens de l'emmaillotage et pourquoi le choix de cette technique comme source d'inspiration pour notre conception et comme solution pour répondre à notre problématique a été adoptée. Le choix de cette technique n'est pas arbitraire, au contraire il est bien réfléchi par rapport à l'ensemble de la solution à proposer. Qu'est-ce que l'emmaillotage[787] ? Il s'agit d'une ancienne pratique utilisée pour envelopper le bébé d'une manière totale. Il ne s'agit pas seulement de le couvrir pour le protéger contre le froid mais c'est une manière de le laisser se sentir en toute sécurité à partir

[787] « Emmailloter, v.tr. Mettre en maillot, envelopper de langes. Emmailloter un enfant ».
« S'emmailloter, v.pr. S'envelopper » *: Le Nouveau Littré,* 573.

du fait de l'entourer dans une pièce de langes qui est un morceau de tissu limitant ses mouvements. En effet, ces derniers peuvent parfois être brusques, ils vont alors l'effrayer car il n'a pas encore conscience de ses membres supérieurs et inférieurs. Sa « conscience » proprioceptive n'étant pas encore développée, tous mouvements peuvent entraîner une crainte ou un stress. Le fait de ne plus lui laisser la liberté de bouger paraît être une contrainte, sauf qu'au contraire elle est une solution car « *la sensation d'enveloppement lui rappelle la vie dans le ventre de sa mère. Cette pratique sécurise et calme le bébé, ce qui diminuerait ses pleurs*. »[788]. C'est pour cette raison qu'on a choisi cette technique pour modéliser notre solution e-textile. La technique en elle-même permet d'apaiser et de tranquilliser le bébé et c'est ce qui répond à l'une des problématiques de notre projet. Elle permettra aussi d'avoir une certaine précision dans la mesure des différents signes physique, moteur et psychique[789] puisque les capteurs vont être placés directement sur le substrat textile qui serre le bébé. C'est-à-dire qu'ils sont en contact direct avec son corps.

Au design de la couverture en question, nous allons greffer et enrichir la solution en ayant recours à certains stimuli sensoriels afin de mieux garantir les fonctionnalités supplémentaires proposées. En s'appuyant sur des études sur la psychologie des bébés âgé entre 0 et 12 mois nous avons remarqué que pendant cette période de la vie cette tranche d'âge est attirée par certains stimuli sensoriels. Ce pourquoi nous avons choisi d'inciter trois sens : le visuel, l'auditif et le tactile.

Nous développerons dans ce qui suit le rôle des sens sollicités.

- La vue est l'ensemble des perceptions qu'effectue l'œil humaine. Les effets lumineux et les couleurs ont un impact très important sur la perception visuelle chez les petits. La vue permet de reconnaître la forme, l'état, l'aspect, les couleurs qui sont les éléments essentiels pour l'identification des objets et de l'espace dans lequel il se trouve. La vue est le premier sens visé et cela à travers un choix de couleurs susceptible d'attirer l'attention du bébé par le biais de la vision. Il s'agit, en général, des couleurs primaires et de la couleur rouge en particulier. La sélection des couleurs du spectre lumineux n'est pas un choix hasardeux. Le bébé dès sa naissance est beaucoup plus touché par la couleur rouge car c'est la première couleur qu'il

[788] " L'emmaillotage ", *naître et grandir*, article révisé par la pédiatre Anne-Claude Bernard-Bonnin, Juin 2022, accessible sur le lien : https://naitreetgrandir.com/fr/etape/0_12_mois/soins/fiche.aspx?doc=emmaillotage, consulté le 20 Juillet 2022.
[789] Les cris et les pleurs sont un reflet de l'état psychique du bébé.

aperçoit : « [*l*]*e nouveau-né est principalement réceptif au rouge. Il ne l'identifie pas en tant que couleur, mais perçoit sa luminosité par contraste en opposition aux autres couleurs* »[790].

Nous allons utiliser ces teintes pour éveiller la curiosité du bébé quant à la symphonie et le spectacle coloré qui va se créer à travers le touché aléatoire qu'il va exercer sur les différents capteurs insérés discrètement dans la couverture et qui seront en mesure d'allumer les Leds pour illuminer et éclairer sa chambre. A travers ces points d'appuis spontanés, chaque fois que des pressions irréfléchis et involontaires s'appliqueront, elles feront naître une infinité de trajectoires lumineuses qui vont animer la couverture et se réfléchir sur les murs. Le choix de ne pas donner de forme précise et géométrique à ses lumières est dû au fait que : « *avant 6 mois : le bébé ne se soucie pas encore des formes des objets, mais uniquement de leurs contours, c'est-à-dire des zones où la couleur change. Il est sensible aux forts contrastes que sa vision encore confuse lui permet de percevoir* »[791].

Notre solution e-textile intelligente permettra, via l'application, de choisir deux aspects lumineux différents selon l'âge du bébé. De 0 à 6 mois et vu que celui-ci ne distingue pas encore les formes, le parent sera en mesure d'activer une luminosité rouge qui n'a pas de forme précise. Par contre, à partir de 6 mois, différents choix de couleurs et de formes seront accessibles, toujours via l'application, aux personnes responsables du bébé.

- L'ouïe offre la capacité de percevoir des sons à travers l'oreille. L'ouïe intervient dans l'appréciation et le plaisir pris lors de l'écoute de la musique ou de certaines sonorités relaxantes qui ont un grand impact thérapeutiques calmant.

C'est pourquoi dans notre projet, l'enregistrement de la voix de la maman peut être une manière d'inciter et de solliciter l'attention du porteur. Elle peut également être une source de sérénité et d'apaisement : « [*D*]*ès sa naissance, le bébé reconnaît la voix de sa mère.* »[792]. Certaines sonorités seront également préenregistrées (le chant des oiseaux, l'écoulement de l'eau, …). Elles sont inspirées de la thématique de la forêt puisqu'elles peuvent aussi assurer le même résultat en stimulant ce sens. A partir de 3 mois, le bébé a la capacité de réagir aux

[790] " L'importance des couleurs pour bébé ", *Notre famille*, 8 Février 2022, accessible sur le lien : https://www.enfant.com/bebe-0-3-ans/3-6-mois/limportance-couleurs-pour-bebe-4549, consulté le 17 Juillet 2020.
[791] " L'importance des couleurs pour bébé ", *Notre famille*.
[792] " Le développement de l'ouïe chez l'enfant ", *naître et grandir*, article révisé par l'audiologiste Catherine Sabourin, mars 2017, accessible sur le lien : https://naitreetgrandir.com/fr/etape/0_12_mois/developpement/fiche.aspx?doc=naitre-grandir-developpement-sens-ouie-audition, consulté le 22 juillet 2020.

bruits. Cela est perceptible à ses sursauts, au clignement de ses yeux, à la modification de son expression faciale mais également à sa manière de d'allonger des bras et ses jambes vers l'extérieur[793]. A partir de 3 à 6 mois, celui-ci tourne la tête vers la source de la voix ou du bruit. Son attention s'accroit et il devient attentif aux sonorités qui émanent de certains objets sonores[794]. Associer les différents bruitages pouvant faire interagir et ainsi augmenter l'attention du bébé sont, à notre avis, une bonne solution qui pourrait aboutir à des résultats concluants.

- Le toucher est l'ensemble des sensations qu'effectuent les organes sollicités par le sens du toucher et qui sont la peau de la main, les doigts, les plantes des pieds. Ainsi, le toucher nous permet de déterminer la texture, l'épaisseur, les creux, les niveaux, les reliefs, …. Le bébé fait appel à ses lèvres pour découvrir certains objets. Étant donné que le textile possède différents types de texture, le sens du touché permet de les distinguer. La texture joue un rôle très important dans l'appréciation des différentes sortes de tissus car c'est en les touchant que celui-ci les découvre. C'est une technique adoptée dans la démarche d'apprentissage de l'éducation Montessori[795]. Le sens du toucher est visé à travers, d'une part, le choix d'un tissu doux afin de procurer une sensation de bien-être et, d'autre part, à travers des micros vibrations permettant de relaxer le bébé et d'atténuer la sensation de crainte et de panique :*«[l]a pratique du massage du bébé peut donc aider les jeunes parents et tout soignant à sortir des gestes techniques ou maladroits, encore trop présents par exemple en maternité, pédiatrie, néonatalogie. En ce sens, le massage du bébé ne doit pas être une nouvelle technique de pointe, mettant en valeur le savoir-faire du soignant, mais un nouveau langage répondant aux besoins réels d'un petit être sain ou en souffrance, une façon de communiquer et d'entrer en relation avec lui* »[796]. Le choix d'intégrer une fonction de massage dans notre couverture intelligente est né de ce désir de communion entre le porteur et le porté. Nous tenons à signaler que : « *[c]'est, par exemple, la qualité de stimulation cutanée qui fait passer le message de tendresse dont l'enfant a tellement besoin* »[797] et ce pourquoi nous donnons énormément d'importance à cette partie que cela soit sur le plan qualitatif ou sur le plan du sécuritaire : un massage trop fort peut occasionner des effets contraires à ceux souhaités.

[793] " Le développement de l'ouïe chez l'enfant ", *naître et grandir*.
[794] Ibid.
[795] " Qu'est-ce que la pédagogie Montessori ? ", *Découvrir Montessori*, accessible sur le lien : https://decouvrir-montessori.com/quest-ce-que-la-pedagogie-montessori/, consulté le 21 Juillet 2020.
[796] Pascal, Prayez et Joël, Savatofski, *Le toucher apprivoisé* (Rueil-Malmaisn : Edition LAMARRE, 2002), 77.
[797] Ibid., 77.

Depuis toujours, les caresses ont un impact positif sur les bébés puisque « [*t*]*outers les mères du monde connaissent l'importance du petit câlin et de sa fonction psychologique. Il arrange bien les choses, il fait du bien. La plupart d'entre elles, d'ailleurs, ont des gestes spontanés et cela dès la naissance du bébé* »[798]. Notre couverture n'a pas cette volonté de remplacer l'affection maternelle. Disons-le franchement, aucune solution technologique intelligente ne peut et ne pourra avoir l'arrogance de se présenter comme solution alternative pour prendre la place d'une maman. Notre solution e-textile intelligente a un effet placebo. Elle ne s'arroge pas le droit de remplacer la présence maternelle, par contre elle essaye de trouver d'autres propositions e-technologiques qui pourraient accompagner le bébé durant les périodes où la maman ou le papa sont absents. Elle sera alors une solution temporaire qui viendra en aide pour la personne en charge du bébé.

Il est très important de prendre note de l'impact que peut occasionner une pareille solution e-textile intelligente accueillant ces trois stimuli sur la santé physique et psychologique du nourrisson. Tout doit être mesuré et testé pour une fiabilité sans failles. Les répercussions[799] de la qualité de vie du bébé ont des incidences sur sa vie future : « *[s]elon les spécialistes de la psychologie du nourrisson, dans les six premiers mois de la vie, les besoins fondamentaux du bébé sont prioritairement le besoin d'être contenu, puis d'être rassuré, et le besoin d'être sollicité par des stimulations positives « tactiles tendres ». Sans ces éléments de base, l'enfant ne pourra pas probablement pas bien s'épanouir et devenir un adulte sain et équilibré* »[800].

En conséquence de tout ce qui a été dit, le choix de telle ou telle couleur, d'une telle ou telle autre sonorité ou encore d'une telle ou telle forme n'est pas arbitraire. Mes recherches, mes observations et mes explorations sur les attirances et les attentes de cette cible m'ont aidée dans les choix effectués et m'ont guidée dans leurs présentations.

---

[798] Prayez et Savatofski, *Le toucher apprivoisé*, 76.

[799] Selon les différentes études consacrées au développement de l'enfant, les spécialistes dans ce domaine affirment que l'enfant passe par différentes périodes de la vie. L'enfance, disent les dictionnaires, va de la naissance à l'adolescence. Selon la théorie Freudienne, la rapidité des différentes mutations et des évènements qui caractérisent cette première période de la vie vont s'ancrer dans le mental de l'individu et influencer des relations sociales durant tout le reste de sa vie. Les auteurs du livre « enfant en-jeu » affirment à ce propos que : « La vie social d'un enfant est l'un des facteurs constitutifs de sa personnalité » : Marie-José Chombarat de Lauwe, Philippe Bonnin et al., *Enfant enjeu : Les pratiques des enfants durant leur temps libre en fonction des types d'environnement et des idéologies* (Paris : Editions du centre national de la recherche scientifique, 1976), 346.
https://halshs.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/447459/filename/ENFANT_EN_JEU_1976_halshs00447459_.pdf.

[800] Prayez et Savatofski, *Le toucher apprivoisé*, 77.

Les états du bébé.

état de santé stable.

état de santé instable mais acceptable.

état de santé critique nécessitant l'intervention du corps médical.

Sensorelyna

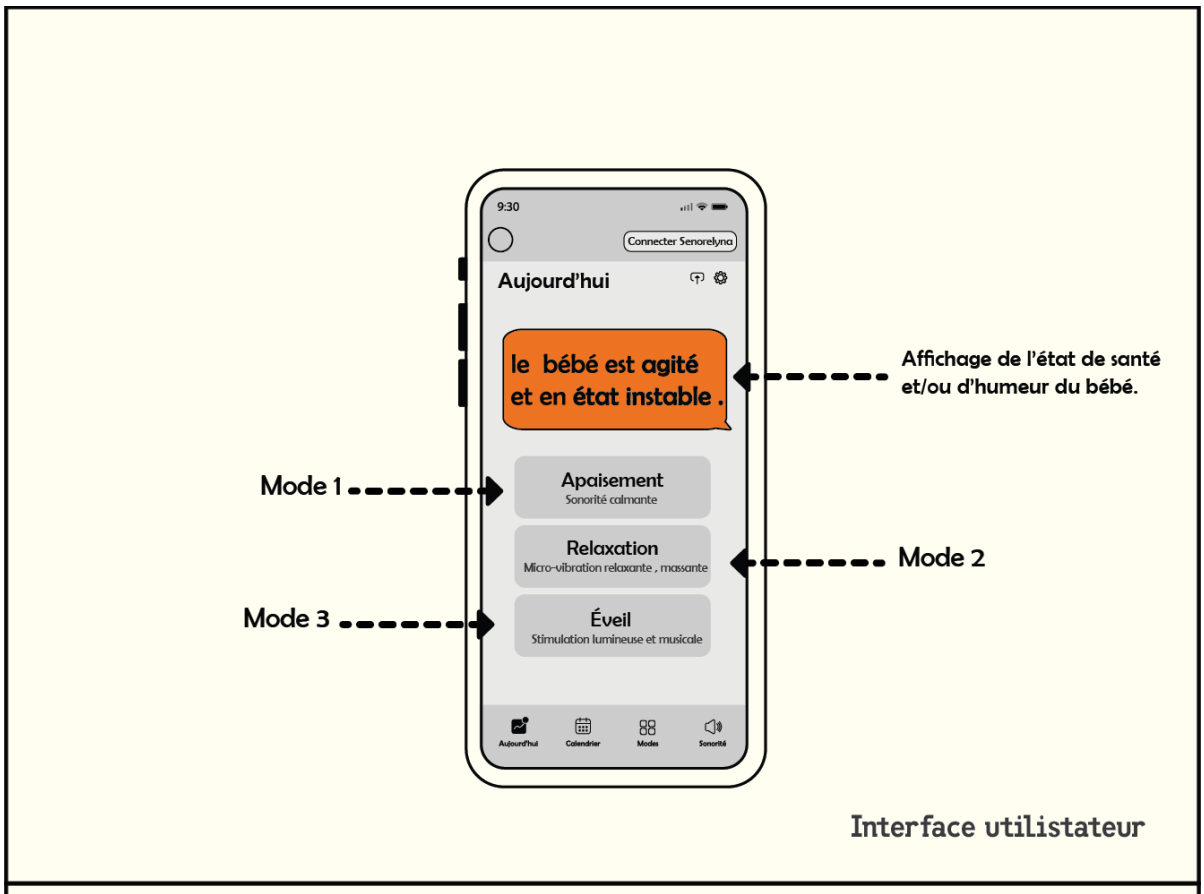
Connecter la couverture intelligente à l'application téléphonique associée.

Icône de l'état de santé et/ou d'humeur du bébé.

Les parametres vitaux quotidiens du bébé.

Suivi des paramêtres mensuels du bébé.

Interface utilistateur



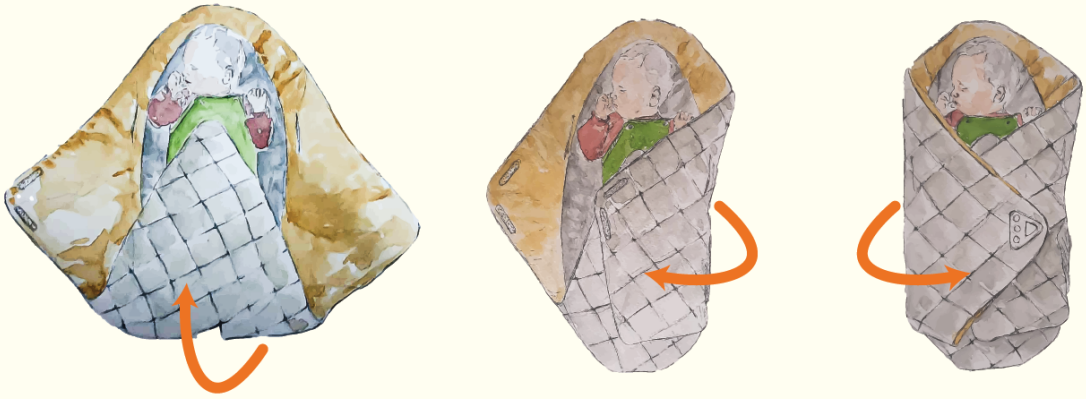
Interface utilistateur

Interface utilistateur

Situation 1 : Si le bébé dort

Déclanchement automatique des modes proposés

Solution couverture intelligente



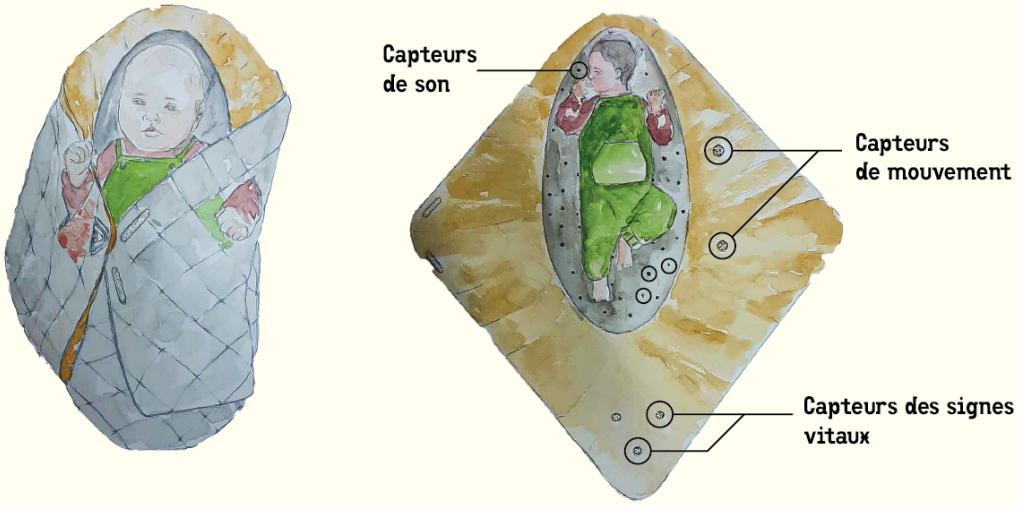
étape 1 étape 2 étape 3

Technique de l'emmaillotage

une solution alternative permettznt d'appoter au bébé une sensation de récomfort procuré par l'envelloppement dans la couverture.

Situation 2 : Si le bébé est réveillé

Déclanchement automatique des modes proposés



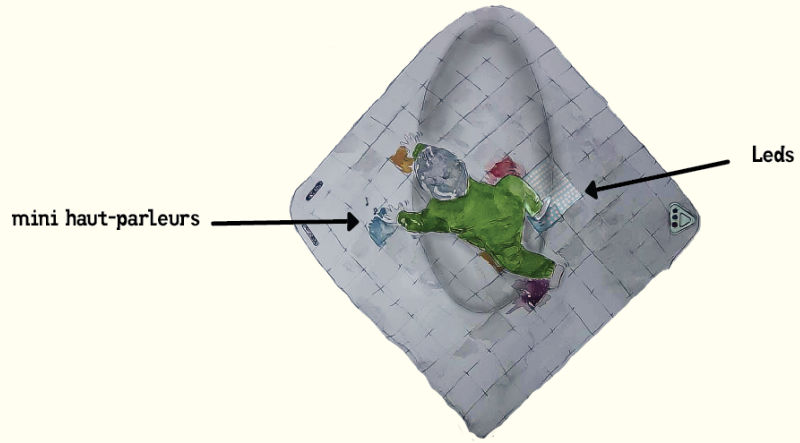
Couverture férmé d'une maniére plus relachée

le bébé bouge librement , il est couvert sans entraver ses mouvements.

Situation 3 : Si le bébé joue

Activation du mode choisi

Solution modulable

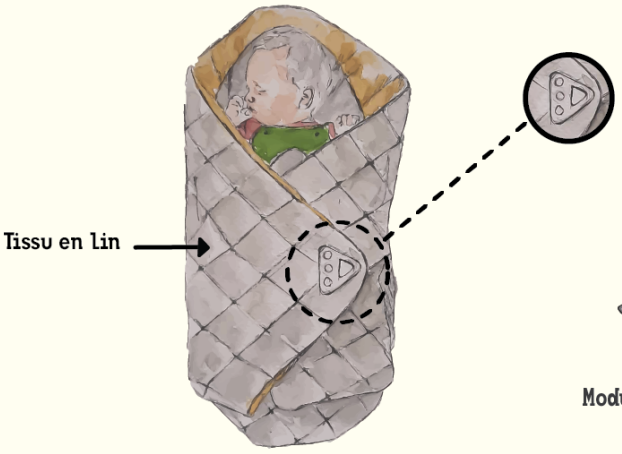


Tapis d'éveil

éveiller les sens et suciter l'attention et la curiosité du bébé

Stimulation lumineuse et musicale en touchant certaines zones

Mode de fonctionnement



Module Détachable et démontable

Module vérrouillé, activé par l'adulte

Partie Hardware ⟷ **Partie software** ⇒ Stimulations sensorielles du mode proposé

Partie Hardware
capter et faire passer l'information vers le cœur intellignet du systéme

Partie software
Analyser l'informarion et réaliser l'opération souhaitée

Mode relaxation

bébé qui pleure

Message d'alerte

Activer le mode adéquat

Des légères vibrations ordonnées s'activent pour masser et détendre le bébé nerveux ou qui pleure

État instable mais acceptable

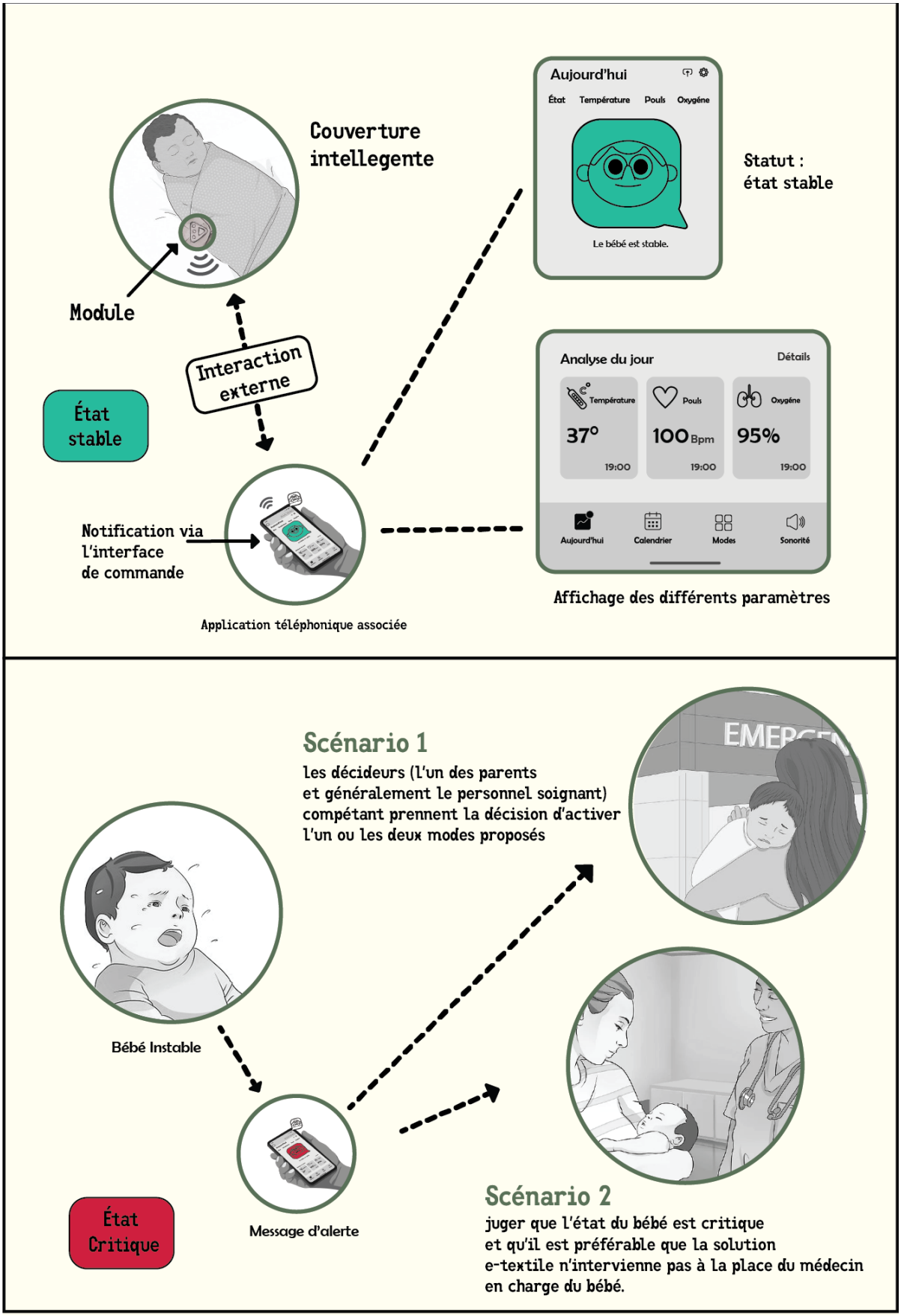
Mode appaisement

Bébé agité

Message d'alerte

Activer le mode adéquat

Des sonorités calmante s'activent pour calmer le bébé agité.


Couverture intellegente
Module
Interaction externe
État stable
Notification via l'interface de commande
Application téléphonique associée
Aujourd'hui
État
Température
Pouls
Oxygéne
Le bébé est stable.
Statut : état stable
Analyse du jour
Détails
Température
37°
19:00
Pouls
100 Bpm
19:00
Oxygéne
95%
19:00
Aujourd'hui
Calendrier
Modes
Sonorité
Affichage des différents paramètres
Scénario 1
les décideurs (l'un des parents et généralement le personnel soignant) compétant prennent la décision d'activer l'un ou les deux modes proposés
Bébé Instable
Message d'alerte
État Critique
Scénario 2
juger que l'état du bébé est critique et qu'il est préférable que la solution e-textile n'intervienne pas à la place du médecin en charge du bébé.

Conclusion du projet

En guise de conclusion, le projet qu'on vient de concevoir est considéré comme étant un projet de design social car il répond à une problématique éthique et morale et à un besoin d'ordre social qui est d'apporter un soin à une personne qui en a besoin. A travers ce type de solution e-textile on démocratise encore plus les soins et on va essayer de fournir une alternative médicale non médicamenteuse prodiguée à tout moment et en tout lieu. Elle est une solution annexe qui ne peut remplacer la solution médicale offerte par les services appropriés et le personnel soignant. Or, celle-ci est d'une aide non négligeable aux personnels soignants qui se retrouvent encombrés par le travail et sont dans l'incapacité de fournir, la plupart du temps, la même qualité ainsi que la même quantité de services pour tous les petits patients. Une solution e-textile technologique peut leur venir en aide, les assister et ainsi alléger la pression et par là même le stress qu'ils vivent et endurent au quotidien. N'oublions pas que cette solution une fois adoptée par les services de santé viendra les aider dans leurs différentes fonctions et tâches et qu'elle sera d'un réconfort non négligeable aux parents qui verront leurs bébés alités dans un service qui en est équipé. Ce sont ces parents qui seront dans la contrainte de les quitter, pour une raison ou une autre, qui y verront une possibilité d'établir un lien, une passerelle invisible les liant. Quelle que soit la distance la distance qui les séparera, les parents pourront toujours être avertis de toutes évolutions de l'état de santé et de l'état d'humeur du petit. Le design social interroge notre manière de vivre pour y puiser des idées novatrices. D'où l'intérêt d'un tel projet. Nous sommes ici face à une solution e-textile qui appartient au domaine d'application de la santé et du bien-être. D'où son impact social qui sera également utilisé comme stratégie de communication et de commercialisation pour percer dans le marché.

A travers mon projet personnel, j'interroge notre manière d'être par rapport au vivant que nous sommes. En tant que designer, je me suis imprégnée d'une problématique d'ordre sociale qui m'a impactée personnellement au point d'en faire une cause pour laquelle je me suis consacrée. Mon projet est un projet de design social puisqu'il répond à cette problématique concernant la valeur de la vie humaine et de la manière de la préserver de tout incident de santé pouvant la mettre en danger. C'est le droit à la vie qui m'a amenée à mettre sur pieds un tel projet e-textile intelligent.

La pratique personnelle est un espace de recherche et d'expérimentation complémentaire qui nous permet d'exprimer nos intentions et nos idées de départ. Les phases de recherche et de développement vont nous mener à explorer de nouvelles pistes et issues pouvant amener le projet vers des perspectives autres que celles pensées au début. Certaines conditions surgissant au cours de son élaboration vont transformer certaines et apporter certaines modifications dans le cahier des charges du produit e-textile à concevoir. C'est là qu'on peut percevoir la différence dans la manière de concevoir et de pratiquer le projet design e-textile aujourd'hui. Un tel projet n'est pas désigné comme un simple objet textile composé seulement d'étoffes, mais comme une matrice textile comportant le système électronique qui permet d'effectuer les fonctionnalités associées souhaitées. Dans ce cas, les concepteurs sont amenés à créer les relations entre les différents éléments technologiques capables d'interagir entre eux. Donc le technologique est réfléchis avant de penser à la manière de l'insérer dans le substrat textile adéquat permettant de faire fonctionner le tout.

Craignant de nous retrouver face à des inquiétudes que nous exprimerons plus tard, nous avons préféré donner à notre solution e-textile technologique la liberté de prendre des décisions, mais tout de même de les restreindre à un but adapté à une situation bien précise. Il se pourrait que cette liberté restreinte puisse être un frein à l'évolution de notre projet. Cela peut être vrai tout comme il peut être une garantie pour ne pas voir cet objet expérimental développé pour le bien-être de plusieurs actants se transformer en objet empiétant et sur la vie professionnelle des intervenants du domaine de la santé et/ou sur la vie sociale du porteur et de ses parents.

La nécessité et l'obligation morale et éthique m'ont poussée à faire ce choix. Ainsi, parents ou personnels de la santé peuvent intervenir à tout moment pour prendre le relais sur l'arbitraire de l'intelligence artificielle. Ce point est primordial car malgré toutes les performances que peut atteindre une solution e-textile, malgré toute la rapidité que peut atteindre un microprocesseur performant dans la prise de décision d'appliquer telle ou telle méthode, il ne pourra pas remplacer l'intelligence humaine dans sa manière de prendre en considérations les aléas et les données inconnues entrant en jeu et faussant des fois l'objectivité des décisions prises. Ici, le libre arbitre humain doit rester maître et seul décideur de telle ou telle décision. Un état grave pourrait demander le choix de laisser partir le patient ou au contraire de tenter d'autres approches pouvant être salutaires.

Avons-nous le droit de donner à la machine le dernier mot dans de pareilles situations ? !

Après avoir effectué une étude sur différents types de projets appartenant à différents domaines d'application, qu'ils soient commercialisés ou en cours de lancement, inédits à but artistique, concept à but expérimental, de luxe ou à usage quotidien, mais aussi en ayant expérimenté l'approche de la conceptualisation de notre propre projet, il nous est apparu, en tant que designer-produit, que ce domaine présente un large spectre disciplinaire et que d'après notre avis il ne pourra en aucune éventualité être élaboré du début jusqu'à la fin sans une réelle collaboration entre différents domaines. Une seconde démarche peut être établie si le concepteur, mis à part sa spécialité, possède une expérience professionnelle dans les domaines en question et utile à l'élaboration de n'importe quel projet e-textile intelligent. Il est important à ce stade de notre recherche de mettre le point sur l'importance des rencontres des disciplines dans la démarche de ce genre de concepts innovants. C'est pour cette raison que nous allons étudier dans la partie qui suit les différentes possibilités de collaboration et de participation qui peuvent s'effectuer et ceci en prenant en considération que cela dépend en premier lieu de l'approche du concepteur en charge du projet. C'est pour cela que nous ferons appel à la transversalité fonctionnelle. Ce qui revient à dire que notre équipe sera composée de différents intervenants de différents domaines ayant une relation directe avec les sous disciplines menant aux finalités du projet. Ainsi, les différents profils auront, chacun dans son domaine, un but précis mais ils ne quitteront jamais des yeux le but fédérateur qui est la réussite de la mise en marche du projet comme entité singulière.

1-4- L'e-textile au-delà des disciplines : possibilité, collaboration et interaction

Le design textile est considéré par Élaine Loge comme une sous discipline du vaste champ du design, il présente des modes de pensées et de conceptions uniques [801][802] basées sur des approches distinctes et sur des principes différents. L'intégration des nouvelles technologies dans le champ du design textile a engendré la création de nouveaux concepts et de nouvelles méthodes et processus de création et de réalisation. Le processus d'innovation

[801] Elaine Igoe, " The tacit-turn: textile design in design research ", *Duck Journal for Research in Textiles and Textile Design*, vol 1 (2010), 1-11.
[802] Elaine Igoe, " In Textasis: Matrixial Narratives of Textile Design ", (PhD diss., Royal College of Art, London, UK, 2013).

dans la démarche de la création textile consiste à trouver de nouveaux procédés créatifs pour répondre à des changements et des aspirations d'ordre social (mode et qualité de vie), économiques (prospérité économique), culturels (échanges et accès plus rapide à/de l'information, rapprochement du savoir et informatisation de ce dernier) et aux défis environnementaux (protection de l'environnement, développement durable), …

Aujourd'hui la création ne se base plus uniquement sur la spécialisation dans un seul domaine mais nécessite l'ouverture sur d'autres champs et disciplines (formation, expérience professionnelle) et/ou la participation d'autres spécialistes (chercheurs, experts et professionnels) issus de plusieurs domaines d'applications associés. Ceux-ci ont des compétences variées et multiples et ils vont essayer, à travers l'union de leurs approches différentes, de provoquer un changement et une transformation dans le milieu professionnel ciblé. Leur association et leur complémentarité va être source d'approches nouvelles et innovantes. Des pratiques novatrices ont vu le jour et vont apparaître à travers ce chevauchement des frontières. Nous pouvons citer le design de services et le design d'expérience-utilisateur qui sont des réponses aux attentes des nouveaux utilisateurs-cible pour une meilleure hybridation du monde d'aujourd'hui et de demain : création d'un monde meilleur mélangeant tradition et modernité.

La conception des textiles et vêtements électroniques nécessite-t-elle un travail moniste d'un concepteur ouvert sur plusieurs disciplines ou une coordination intelligente entre différents acteurs qui réfléchissent ensemble afin de trouver des solutions aux différentes problématiques ? Comment peut-on distribuer et répartir la collaboration entre eux ? Quels sont les critères de la réussite ou de l'échec d'une démarche en solo ou d'une démarche collaborative ? quel est l'impact de chacun des domaines sur l'autre à travers les deux démarches ?

Ce sont ici plusieurs questions que nous devons nous poser afin de clarifier les limites de chaque discipline et pour que leurs interactions soient efficaces et organisées. Le point commun entre ces deux démarches d'association disciplinaire est avant tout d'aboutir à un meilleur résultat qui suit l'ère du temps et accompagne le changement.

a. Multidisciplinarité et pluridisciplinarité

Supposant que le domaine du design vestimentaire, textile électronique intelligent est un champ multidisciplinaire et pluridisciplinaire, nous allons vérifier cette hypothèse en nous référant à des interviews réalisées avec des designers et des spécialistes dans l'e-textiles. A travers ceux-ci nous parviendrons à répondre à plusieurs questions dont celles-ci :

Quels sont les transferts disciplinaires possibles au domaine des e-textiles ? Sur quelles disciplines, quels champs d'intervention et quelles méthodes s'appuient-ils ?

Commençons tout d'abord par définir les deux notions pour voir si elles ont des sens communs ou différents. D'après le dictionnaire le Petit Robert, le mot multidisciplinaire *« [e]st un adjectif créé à partir de multi et de disciplinarité. Qui concerne plusieurs disciplines ou spécialités pluridisciplinaires ; Un enseignement multidisciplinaire »*[803]. Dans le nouveau Littré, édition 2016, le mot pluridisciplinaire *« [e]st un adjectif créé à partir de pluri et disciplinarité. Commun à plusieurs disciplines. Un enseignement pluridisciplinaire »*[804]. Les deux mots présentent le même sens. Dans ces deux termes, il y a une unification qui se fait à travers un prisme : celui de la personne. Une seule personne touche à plusieurs domaines, elle s'engage à travailler dans plusieurs disciplines. Les méthodes et les enjeux sont différents lorsqu'une personne travaille toute seule. Le travail d'un projet en e-textile peut être un travail individuel requérant l'implication d'une seule personne pluri/multi disciplinaire. Ce n'est qu'en fonction de son désir créatif, de ses idées et de ses acquis pratiques que se poseront les limites de son projet. Comme le cas de mon ébauche de projet que j'ai essayé de construire toute seule à partir de mes connaissances personnelles et celles acquises lors de mes recherches sur les différents autres domaines contribuant à la réussite d'un projet e-textile.

Dans certains cas le designer est obligé de traverser d'autres disciplines qui émergent lors de la phase de recherche et développement. Ce propos est justifié par une pensée attribuée à Jacques Labeyrie et citée Edgar Morin : « *[q]uand on ne trouve pas de solution dans une discipline, la solution vient d'en dehors de la discipline »*[805].

---

[803] Robert, Rey-Debove et Rey, Le Nouveau Petit Robert, Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue Française.
[804] *Le Nouveau Littré*, 1299.
[805] Edgar Morin, " Sur l'interdisciplinarité ", *Bulletin Interactif du CIRET : Centre International de Recherches et Études Transdisciplinaires* no. 2 (Juin 2016), accessible sur le lien : http://ciret-transdisciplinarity.org/bulletin/b2c2.php.

Lors de la démarche de conception, le designer projette une vision novatrice, joue la carte de la polyvalence, touchant lui-même à plusieurs spécialités, actions et phases dans les étapes de la réalisation de tout projet. Il peut aussi frôler différentes disciplines voisines de son domaine de spécialisation. La richesse et la pluridisciplinarité de la formation, du cursus académique ou professionnel du créateur peuvent être un atout pour la réussite de sa démarche créative. Cette pluridisciplinarité va lui permettre d'être ouvert sur des disciplines complémentaires et sur de nouveaux outils de conception et de réalisation pour aboutir à concrétiser ses idées et finaliser son projet.

Dans ce contexte, Clara Deguin, la designer Franco-américaine, qui a un Bachelor de Graphic Design et un Master de Mode, a affirmé, dans une interview, qu'elle qualifie et décrit sa pratique de création comme étant une pratique multidisciplinaire puisqu'elle touche de par sa formation à plusieurs différentes étapes de la création étant elle-même issue d'une formation pluridisciplinaire. De ce point de vue elle est capable de mener à bien la partie conceptuelle de son projet et le concrétiser[806].

A la question : « *Comment décrivez-vous votre pratique de création ?* », voici ce que la designer répond :

« *Je mélange l'informatique, l'électronique et les outils traditionnels du vêtement. Je conceptualise seule et sous-traite des parties du travail, mais je touche généralement à tout. Je demande de l'aide surtout pour la broderie et les réalisations de patron, car cela prend énormément de temps* » [807].

Ainsi, nous constatons que le designer Clara Daguin travaille toute seule toutes les étapes de la conception à la réalisation et qu'elle ne demande de l'aide que par soucis de gain de temps et non pas parce qu'elle ne connait pas le travail. Le fait qu'elle soit issue d'un cursus disciplinaire polyvalent lui permet d'accéder à un panel de connaissances et de pratiques l'aidant à avoir une certaine autonomie lors de la matérialisation de ses projets.

[806] Transcription écrite d'une interview réalisée avec Clara Daguin lors du Salon Première Vision daté du 07 Février 2017, 534
[807] Ibid.

Dans la même démarche on a interviewé Claire Eliot, styliste, designer et professeure pour connaître sa pratique de création. Avant tout, pour savoir si elle est inscrite ou pas dans un cursus multidisciplinaire.

Ainsi à la question : « Quel est votre parcours de formation *?* »

Elle a répondu : « *J'ai fait école du Périph en mode et ensuite design industriel à l'Ensci. Et en fait, j'ai combiné mes deux compétences, c'est à dire design industriel et mode pour faire justement des vêtements connectés et surtout intégrer de nouvelles technologies dans le textile. C'est issu du fait qu'après ma formation du Périph que j'ai découvert à l'Ensci tout ce qui été prototypage numérique, l'électronique, à la modélisation 3D, l'exploitation des nouveaux matériaux par exemple. Et de là, j'ai commencé alors à m'intéresser à la nouvelle technologie* »[808].

La créatrice a suivi une formation pluridisciplinaire qui lui a fourni beaucoup de possibilités créatives et une grande ouverture d'esprit par rapport à la conception et à la réalisation de ces projets et aussi en tant que professeure par rapport au cours et aux formations qu'elle donne puisqu'elle est à cheval entre différentes disciplines. Le fait qu'elle soit issue de deux écoles différentes lui a permis d'enrichir ses connaissances sur plusieurs thématiques en rapport avec les domaines du textile et de la technologie. Cela lui a permis de mettre en pratique ses compétences.

Souhaitant approfondir encore un peu plus, nous lui avons posé la question suivante : « *Comment travaillez-vous ? (En agence, en indépendant)* »

Elle a répondu : « *Je travaille dans les deux. Je suis devenue assistante technicienne dans une boite d'art numérique, mais là j'ai vraiment travaillé dans le dur au niveau de l'électronique et de la mécanique. J'ai travaillé avec des ingénieurs sur des prototypes artisanaux, numériques puisque l'art numérique c'est forcément des prototypages artisanaux et du coup il faut voir, créer le système en prototypage. Donc ça peut être de la robotique poussée et qui va être pour un produit qui ne va pas passer par l'industrialisation. Ce qu'on appelle l'artisanat numérique.*

[808] Transcription d'une Interview réalisée avec Claire Eliot lors du Salon Première Vision, daté du 07 Février 2017, 528.

Et ensuite je me suis servie de mes compétences pour pouvoir être enseignante dans trois écoles différentes.

La première école qui est Strates collège – design industriel donc là j'enseigne vraiment le design d'interaction et des objets connectés. Donc c'est un peu des compétences qui font interaction entre design et ingénierie pour former les designers à un savoir parler à des ingénieurs en ayant des compétences en électroniques pour justement faire des produits de haute technologie.

La deuxième école c'est Paris collège, donc là c'est une école de mode pour un module en master qui s'appelle E-Tech, E-Fashion. Et donc là c'est vraiment l'intégration assez douce des technologies. Comment est-ce que les designers vont réussir à s'emparer des nouvelles technologies. J'apprends à mes étudiants à maîtriser les nouveaux outils numériques, à sourcer de nouveaux matériaux et à savoir comment les utiliser et les intégrer à ce que nous appelons la E-Fashion. C'est faire de la haute couture du coup par une maîtrise artisanale. Mon expérience dans l'art numérique m'a beaucoup servi à avoir ses techniques artisanales par exemple de l'intégration de tous ces systèmes un peu innovants.

En troisième partie du coup je suis professeure dans deux écoles d'ingénierie en tant qu'intervenante. Je donne des cours en design à des ingénieurs et c'est différent.

Je suis Freelancer, je travaille pas mal sur l'assemblage de système qui vont en prototypage avant l'industrialisation. Je travaille pas mal sur l'électronique liée au wearable sinon comme designer dans l'innovation en tant que consultante pour des boites d'innovation tel que Moda. C'est un accompagnement pour les grosses entreprises pour justement accélérer le prototypage des produits. Ça c'est différent mais tout se regroupe au niveau du design de cette interaction, de cette interface entre design et numérique. J'expose aussi mes prototypes sur les fibres et textiles innovants »[809].

Ce que nous pouvons constater à travers sa réponse, c'est que la créatrice a pu mélanger ses compétences issues d'une formation riche et variée ce qui lui a donné la possibilité de jouer la carte de la polyvalence et de chevaucher sur beaucoup de postes professionnels et étapes de

[809] Transcription d'une Interview réalisée avec Claire Eliot lors du Salon Première Vision, daté du 07 Février 2017, 528-529.

création des projets. Elle a toutes les capacités lui permettant de travailler seule, ce qu'elle fait. Or, à une étape de son parcours, elle a choisi tout de même d'intégrer une équipe qui travaille dans l'artisanat numérique où elle a participé et a coopéré pour l'élaboration, l'exécution et la réalisation de plusieurs prototypes et modèles de textile basés sur de l'électronique. Ces compétences multiples lui ont permis aussi d'enseigner dans différentes institutions et dans différentes spécialités (ingénierie électronique)cela même en dehors de ses spécialités principales étant le design industriel et la mode. Il s'agit pour elle de puiser dans ses différents acquis pour en faire bénéficier la discipline des designers et celle des ingénieurs. Son cours permet aux modélistes de s'engorger d'un savoir parler et d'un savoir-faire technologique. Son parcours ne se limite pas à suivre cette voie puisqu'elle se permet également d'inverser cette démarche et de donner des cours de design textile à des ingénieurs. C'est dire que cette dernière, via son expérience professionnelle, peut créer une complémentarité représentative de cette pluridisciplinarité que requiert la création, la concrétisation et la réalisation d'un produit e-textile intelligent globalisant les deux domaines. La compréhension et l'assimilation des démarches des uns et des autres permettent aux différents étudiants appartenant aux deux domaines différents de réaliser leur complémentarité et ainsi de voir concrètement la plus-value qui se réalisera à partir de leur union.

A la question qui suit : « *Est-ce que vous travaillez toute seule ou en collectif ? (Processus de réalisation de projets de A à Z : concepteur/réalisateur ou concepteur et vous réalisez en sous-traitance)* »

Elle a répondu : « *C'est plutôt technique, J'ai des propres projets où je fais des vêtements connectés à mon nom mais qui sont plutôt des produits qui permettent l'intégration de la technologie. Des produits vitrines pour exposer les fibres et les textiles innovants. Je ne développe pas de concept pour l'industrialisation. C'est des vêtements qui sont prototypés pour montrer que je suis une experte dans la micro-électronique et l'intégration des nouvelles technologies. La modélisation en 3D me sert beaucoup pour des systèmes d'attaches ou d'assemblages pour justement suivre les problématiques via l'intégration des circuits électroniques* »[810].

[810] Transcription d'une Interview réalisée avec Claire Eliot lors du Salon Première Vision, daté du 07 Février 2017, 529-530.

La créatrice, à travers sa démarche moniste et plurielle essaye de pousser les limites de la créativité et de créer des modèles originaux travaillés de manière artisanale où elle expose les limites de cette hybridation, de ce croisement, de ce métissage entre technologie et textile. Étant experte en matière d'intégration des circuits électroniques, elle n'a pas besoin d'aide sur ce plan puisque c'est l'une de ses compétences. Elle réussit à réaliser le modèle d'A jusqu'à Z sans qu'elle n'ait recourt à l'aide de quelconques spécialistes d'un autre domaine. On ne peut que qualifier sa démarche créative par transdisciplinaire ou interdisciplinaire. Cette vision personnelle et proche de la création individuelle est tout autant une projection et un reflet de la conception e-textile : nous avons un projet « unique » qui résume en sa propre présence un carrefour où se retrouvent tant de disciplines complémentaires. La créatrice représente une vision de ce dialogue transversal qui se crée entre différents savoirs et savoir-faire complémentaires. Ces prototypes sont créés pour être exposés et pour être une vitrine reflétant les infinies possibilités qui découlent et naissent du jumelage de pareilles disciplines entre-elles : design et science. Les créations une fois exposées donnent à voir concrètement que nulle frontière ne peut se maintenir entre les disciplines si la créativité et l'innovation d'une personne appellent à ce que le foisonnement entre elles se fasse.

Pour la question : « *Vous sous-traitez ?* »

Claire a répondu : « *Comme j'ai été formée comme technicienne, je suis autonome. Je fais le design et après je fais les prototypes moi-même. Mon envie de faire ça, est venue du problème qu'il est difficile en tant que designer de trouver quelqu'un qui pourrait se mettre à ta place et faire ton prototype, de pouvoir vraiment lui transmettre ce qu'on pense, ce qu'on veut, notre imagination et notre point de vue. Par exemple pour tout ce qui est interactif c'est mieux de le faire soi-même pour comprendre ce qu'on fait, les interactions qu'on va faire. On est plus proche de la fonctionnalité quand on la fait sois même et du coup pour moi, c'est hyper important car en tant que designer je n'ai jamais été créative. Mais je suis plutôt du côté technique, à aimer tout ce qui est technicité dans le design et le coté forme et fonction. Du coup c'est ça qui va rendre plus pertinente la création électronique. Moi je vois toujours les étudiants designer qui inventent des produits qui ne sont pas réalisables parce qu'en fait ils n'ont aucune connaissance en électronique embarquée à l'intérieur. Donc c'est pour ça*

c'est très important de savoir faire le prototype jusqu'au bout et au moins de savoir faire le premier prototype pour tout ce qui est produit I-Tech »[811].

La designer témoigne qu'elle travaille toute seule ses prototypes puisque sa pratique de création est plutôt technique. Elle affirme à travers ses propos que nul ne peut remplacer la place d'un concepteur afin de concrétiser et matérialiser l'idée en tête à part lui-même.

A partir de cet exemple mettant en scène et exposant l'avis d'un designer, nous pouvons en venir à dire que la créativité du designer peut ne pas avoir de limite. Nous nous expliquons : dans la plupart des cas et quand il est obligé d'avoir recourt à d'autres spécialités pour réaliser une partie de son œuvre, le souci réside dans le fait que ses idées ne soient pas toujours compréhensibles et pausent parfois un frein à son imagination. Son désir de créer et de tisser des collaborations doit être fructueux et avantageux. Or, une mauvaise interprétation ou un malentendu peuvent se concrétiser par de mauvaises surprises. C'est pour cette raison que la capacité de pouvoir travailler tout seul du début jusqu'à la fin semble être un atout pour le designer afin de ne pas tomber dans toute altérité et divergence de son idée de base. Il nous semble que c'est un avis parmi d'autres et c'est une opinion qui, d'après elle, ne laisse pas le créateur dans l'embrouille d'être mal compris et interprété d'une autre manière différente de la sienne. Elle atteste aussi que le fait de travailler en solo permet au propriétaire du projet technologique de l'expérimenter sous différents angles et de différentes manières pour pouvoir comprendre les échanges possibles et leurs répercussions. Pour elle, ce travail d'expérimentation enrichi d'une manière ou d'une autre sa démarche. Bien qu'elle avoue qu'elle n'est pas assez créative, elle parvient à puiser ses idées de l'inventivité et de l'originalité des essaies qu'elle effectue elle-même. Son ouverture sur l'aspect technique du domaine des e-textiles est pour elle une opportunité sans fin. A son avis la démarche doit être inversée Elle débute par le prototype puis par le croquis pour consolider et renforcer l'idée de départ car des fois la démarche fondamentale de la création ne porte pas toujours ses fruits. Des fois, l'inventivité des idées ne mène pas à une réelle concrétisation car une grande différence s'établit entre le plan formel et le plan fonctionnel. Ils doivent tous les deux être indissociables pour l'aboutissement d'une conception finale. Reste que toutes les idées, aussi ingénieuses soient-elles, sont des fois irréalisables d'un point de vue technique et/ou fonctionnel. Donc, il ne suffit pas de savoir manipuler les matériaux, les accorder les uns aux

[811] Transcription d'une Interview réalisée avec Claire Eliot lors du Salon Première Vision, daté du 07 Février 2017, 530.

autres, les assembler pour réaliser le premier modèle pour que celui-ci aboutisse à modèle fonctionnel. La finalité première est de combiner une idée innovante à un design attrayant et surtout que le produit final soit fonctionnel et qu'il réponde aux attentes et aux désirs de son propre créateur pour qu'il s'y retrouve. Puiser dans les possibilités qu'offre le matériau textile augmenté technologiquement à travers l'addition des différents composants électroniques lui donne l'opportunité d'approuver la richesse des capacités de cet amalgame si impressionnant. La solution e-textile technologique sollicite un minimum de savoir-faire et de technicité pour pouvoir concrétiser l'idée annoncée même si elle n'est pas illustrée.

Pour la question : « *Pourriez-vous décrire en détail la conduite, le mode de conception et de fabrication d'un de vos projets sur la partie : Outil, Méthodologie et Processus ?* »

A cette interrogation, la créatrice a répondu : « *C'est là que je suis intermédiaire entre design et ingénieur. J'ai remarqué que d'abord j'ai une idée large. On commence par commander les composants, par évaluer l'électronique, par faire les schémas. Étant donné que je fais tout moi-même, je n'ai pas de processus méthodologique établi à part celui de faire beaucoup de sourcing sur les systèmes, les composants et les textiles pour essayer d'évaluer ce que je peux faire. Ensuite, j'établis le concept. Je fais presque la méthode inverse : au lieu d'avoir une idée, j'essaye de voir quel comportement il y a sur le marché qui pourra être intéressant.* »[812].

La démarche que la créatrice emploie pour réaliser ses projets est différente de celle ordinairement appliquée par tout designer textile. Puisqu'elle est à cheval entre métier créatif (designer) et métier scientifique (ingénieur), elle peut mélanger ses compétences et ses outils pour procéder à une méthodologie à rebours. Commencer par la fin : le prototype du produit final au lieu de démarrer par l'idée de base, c'est-à-dire composer à travers les matériaux visés, faire les expérimentations du fonctionnement de cet assemblage pour arriver à avoir un produit e-textile et tester ses conséquences et ses effets sur le marché. En réalité, elle commence par sonder les besoins sociaux et par la suite par intégrer une solution technologique pouvant y remédier pour enfin draper le tout par une solution textile. Assembler un panel d'éléments technologiques se fait sous l'influence d'un désir né par une vision critique des demandes du marché pour finir par combler le manque qui s'y est

[812] Transcription d'une Interview réalisée avec Claire Eliot lors du Salon Première Vision, daté de Février 2017, 523.

constaté. C'est son approche à elle et elle est inspirée par ses acquis et ses volontés. Être ouverte sur les différents champs disciplinaires du domaine des e-textile lui a permis de s'inscrire dans cette démarche sans assistance, sans aide et d'attaquer la totalité du projet par soi-même.

Le fantasme de la pluralité disciplinaire est en réalité au cœur du travail du designer industriel, qui puise dans une culture nourrie tant par les arts, les sciences exactes que par les sciences humaines et sociales, …. C'est l'hétérogénéité et la richesse de la pensée, de la formation et de l'expérience. Par ce métissage, les disciplines se décloisonnent et donnent naissance à d'autres disciplines. Dans certains cas, il peut être intéressant d'appartenir à plusieurs sections parce que cela permet de devenir polyvalent et autonome et de pouvoir appréhender plusieurs fonctions sans aide.

Certains artistes, designers et créateurs essayent à travers leurs démarches pluridisciplinaires d'ajouter un « plus » et une touche personnelle à leurs créations en diversifiant les enjeux. Dans certains cas où l'expérience est limitée, le design ne peut pas évoluer dans la centralisation et la possibilité de se voir concentrer en soi une multitude de savoir donnant naissance à une autarcie « professionnelle ». C'est pourquoi une ouverture sur d'autres perspectives et d'autres expertises devient le seul recours possible du designer : jouir d'une pareille assistance est une chance de se voir aider par des spécialistes qui vont accompagner et orienter, surtout sur l'aspect technique et technologique, pour faire aboutir le projet.

b. Interdisciplinarité

Dans d'autres éventualités, le projet demande un travail collectif et des connaissances transdisciplinaires. Donc on a besoin de recourir à d'autres spécialités, disciplines et domaines de recherches pour aboutir à un projet accompli.

Quel est, de nos jours, la part de l'interdisciplinarité dans l'évolution du champ du design textile et vêtement électronique intelligent ? Quelles pratiques pour quels enjeux ?

Le processus d'innovation relève-t-il du nombre de parties, acteurs généralement impliqués dans la chaine de création ?

Avant de discuter l'approche de la création des projets e-textiles et de les qualifier d'approche interdisciplinaire, nous allons définir tout d'abord le concept de l'interdisciplinarité. La définition est relative et évolutive et varie en fonction des utilisateurs et du contexte de son utilisation.

D'après Jean-Paul Reweber, l'interdisciplinarité se situe sur un parcours qui va de la pluri/multidisciplinarité à la transdisciplinarité. Les notions de l'inter, pluridisciplinarité ne sont pas récentes ni liées à un contexte, à une approche ou un domaine bien défini. Dans le Petit Robert, le mot Interdisciplinaire : adj d'*inter* et *disciplinaire*, qui concerne plusieurs disciplines, plusieurs sciences à la fois. Recherche interdisciplinaire, enseignement interdisciplinaire : *« L'interdisciplinarité est l'art de faire travailler ensemble des personnes issues de diverses disciplines scientifiques. L'intérêt est de parvenir à un but commun en confrontant des approches différentes d'un même problème »*[813]. Par exemple, c'est le fait d'être impliqué dans un groupe de recherche, c'est-à-dire travailler ensemble mais chacun œuvre de son côté, dans son domaine. C'est-à-dire que chacun regarde l'objet collectif de son propre point de vue dépendant de sa spécialité dans le but de produire quelque chose de différent, de riche et de varié puisqu'il est le fruit d'un travail collaboratif. Chacun amène la marque de sa discipline sur l'objet d'étude. On peut imaginer qu'il n'y a pas de dialogue entre les disciplines mais il s'agit d'une accumulation entre elles. Il y a une tentative de mise en réseau des disciplines interagissant devenant ainsi complémentaires pour l'aboutissement du projet souhaité. Lorsqu'on est dans plusieurs disciplines tenues par plusieurs personnes il y a un éclatement initial qui conduit à un projet/objet qui peut se révéler être novateur. C'est la finalité principale de l'innovation dans le domaine de la création et du design des textiles électroniques intelligents. Cette notion de diversité aboutit à un échange interdisciplinaire polyvalent et garant d'un meilleur résultat. La diversité culturelle, les parcours et les formations variés des membres d'une équipe peuvent effectivement favoriser la créativité et l'innovation en permettant des approches interdisciplinaires et en encourageant l'apprentissage mutuel. Cette approche est souvent adoptée dans les entreprises qui cherchent à créer des produits et des services innovants en combinant différents secteurs qui étaient autrefois considérés comme distincts. Il est donc crucial de souligner l'importance de la différence, de la diversité et de la collaboration pour stimuler la créativité et l'innovation.

[813] " Interdisciplinarité ", *educalingo,* accessible sur le lien : https://educalingo.com/fr/dic-fr/interdisciplinarite, consulté le 20 Mars, 2019.

Les savoirs semblent aujourd'hui suggérer que l'interdisciplinarité est l'une des réponses face à la mondialisation. Elle permet de décloisonner toutes les sphères du design en favorisant les échanges de toutes sortes entre designers, artistes, ingénieurs et scientifiques. Il est en effet essentiel que les designers, les ingénieurs et les spécialistes du marketing collaborent étroitement pour créer des produits réussis et compétitifs sur le marché. Le designer doit considérer l'expérience utilisateur et l'esthétique du produit, tandis que l'ingénieur doit veiller à la faisabilité technique et à la rentabilité du produit. Le spécialiste en marketing doit comprendre les besoins du marché et de la clientèle pour créer une stratégie de vente efficace. En travaillant ensemble, ces trois pôles peuvent assurer que le produit final sera attrayant, fonctionnel, techniquement solide et répondra aux besoins du marché et des clients. Il est effectivement de plus en plus courant que des spécialistes issus de différents disciplines travaillent en équipes multidisciplinaires pour répondre aux exigences et aux besoins du marché actuel. Celle collaboration productive leur permet de partager leurs connaissances et leurs idées. Le dialogue et la confrontation des approches peuvent être une source d'inspiration pour développer des solutions innovantes et signficatives.

De nombreuses discussions ont été faites avec des professionnels de ce domaine (artistes, designers, professeurs, ingénieurs) afin de comprendre, d'expliquer et de répondre à certaines interrogations déjà évoquées au début de cette partie autour des textiles électroniques et des vêtements intelligents.

Cas n°1 : interview avec créateurs à vocation (design / conception)

Un exemple d'approches et de méthodes interdisciplinaires dans le champ du design textile s'annonce à travers l'interview réalisée avec les jumelles designers Nancy et Lou-Anne Boehm[814] afin d'exposer leur parcours, leurs méthodes et leurs motivations et intentions créatives. En les questionnant sur leur méthode de travail, elles affirment l'hypothèse que le projet e-textile doit jouer présentement la carte de l'interdisciplinarité.

En leurs posant la question, « *Comment vous décrivez votre pratique de création* ? ».

[814] Nancy et Lou-Anne Boehm ont créé le studio Twins Paris afin de rassembler leurs différentes activités : métiers d'arts, design textile, innovation matérielle, objets connectés et expérience utilisateur.

Voici ce que Nancy répond : « *Je peux par exemple, réaliser un benchmark sur une thématique d'innovation textile, amener des conclusions et des conseils, un sourcing de technologie qui pourrait être intégré dans tel textile, dans tel contexte. Je peux aussi avoir des projets où je lead complètement la partie design : par exemple ça fait un an que je travaille avec une start-up dans le domaine de la santé qui souhaite créer un t-shirt connecté. Je fais le sourcing des technologies ainsi que le design du textile et du t-shirt, l'intégration électronique dans le textile, et le prototypage. J'ai fait les quatre premiers prototypes, puis je les ai fournis à des couturières qui vont faire la pré-série. Pour l'électronique, on discute avec le client et son prestataire électronique des faisabilités et chacun explique ses contraintes, par exemple pour tenter d'intégrer l'électronique à tel endroit, pour que ça soit plus souple et plus facile. J'amène ma connaissance pour aider à ce que le produit soit bien adapté* »[815]. Cela nous amène à conclure que l'optimisation d'un projet en e-textile demande des connaissances transdisciplinaires.

Le fait de partager ses connaissances avec des spécialistes du même domaine ou encore de domaines différents mais connexes aux projets en question offre l'opportunité au designer de faire évoluer les idées et donc de trouver plus de pistes et de visions perspicaces en les additionnant. Chaque partie expliquera son point de vue par rapport à sa spécialité ainsi que les points forts et les points faibles de tel ou tel choix par rapport aux matériaux électroniques adéquats avec la matière de base qui est le textile. Il s'agit là de la manière de les agencer et de les incorporer l'un dans l'autre sans entraver les mouvements de certaines zones de la solution e-textile. Mettre un élément solide dans un angle de mobilité peut être un problème pour le bon fonctionnement du produit e-textile. D'où le fait que ces interférences peuvent être d'une grande importance. Donc de tels échanges et discussions à propos de la partie technique et technologique avec le prestataire électronique ne seront que bénéfiques des deux côtés. Elles consolident les liens qui s'établissent entre les différents collaborateurs contribuant à l'accomplissement de leurs tâches se résumant à coordonner et à accorder leurs connaissances pour faire adapter le produit aux exigences convoitées. Un autre point qui consiste à léguer certaines tâches dans la partie design, même si on est dans la mesure de les accomplir, à une autre personne est d'une très grande importance car cela permet de gagner du temps et donc de l'argent.

[815] Transcription écrite d'une Interview réalisée avec Nancy et Lou-Anne Boehm pour Le magazine MODE**LAB**, no. 04, printemps 2017, 515.

Grace à une formation riche et multidisciplinaire (mode, design et textile innovant), les sœurs partagent leurs connaissances initiales, leurs savoir-faire et leurs compétences. Elles forment une union riche et fusionnée grâce à leur lien génétique : Les Start-up qui réussissent le mieux possèdent souvent des équipes aux profils complémentaires. Même si ce n'est pas le cas chez Studio Twins Paris, les sœurs Boehm ne le vivent pas comme un handicap. La répartition des tâches se fait naturellement en fonctions des caractères de l'une et de l'autre.

Plus fonceuse, Nancy part souvent à l'attaque : *« C'est pourquoi elle gère la recherche de partenaires, la prospection et plus globalement le développement commercial », explique Lou-Anne, plus apaisée, qui va se concentrer davantage sur le sourcing des fournisseurs et la communication. Chacune apporte à l'autre ses propres savoirs faires techniques, en fonction des projets »*[816].

L'approche des designers ne se contente plus de conceptualiser des modes ou des tendances. Dorénavant, la conceptualisation doit s'ouvrir sur les innovations et les projections des attentes qu'ont les clients d'un produit e-textile intelligent. La prospection et l'étude du marché donne une idée sur la cible et sur ses demandes. L'interaction entre designer et technicien permet un dialogue entre disciplines concrétisant schématiquement le projet pour, par la suite, lui donner forme et consistance. Cette rencontre entre disciplines montre que l'ouverture sur la transdisciplinarité ne peut qu'aboutir, dans notre cas, qu'à un échange constructif et innovant.

Claire Eliot[817] expose son parcours, ses méthodes, ses motivations et ses intentions créatives, et affirme l'hypothèse que le projet e-textile doit actuellement jouer la carte de l'interdisciplinarité. Elle insiste sur l'importance de la collaboration entre les différentes disciplines impliquées dans le projet e-textile, notamment les designers, les chercheurs et les industriels. Selon elle, l'interdisciplinarité est essentielle pour mettre une approche globale du projet, en prenant en compte les aspects techniques, esthétiques et fonctionnels des textiles électroniques.

[816] Bruno Askenazi, " Soeurs jumelles, elles sont associées dans une start-up de design ", *Les Ecgos ENTREPRENEURS*, 5 avril 2019, accessible sur le lien : https://business.lesechos.fr/entrepreneurs/idees-de-business/0601027904867-soeurs-jumelles-elles-sont-associees-dans-une-start-up-de-design-328422.php, consulté le 13 Juin 2022.
[817] Claire Eliot : styliste, designer et enseignante. Elle travaille dans le Studio d'Ingénierie Créative STUDIOTECH qui est un bureau d'étude spécialisé dans la conception de textile et d'accessoires connectés. : Eliot.claire@gmail.com

A la question : *« Comment décrivez- vous votre pratique de création ? »*

Voici ce qu'elle a répondu : *« Je travaille avec des amis développeurs parfois parce que j'ai quelques lacunes en programmation dès que j'arrive à un niveau complexe. Comme je connais très bien l'électronique, je fais appel à un développeur et on fait des échanges. Je travaille facilement avec des ingénieurs les projets que je prends en Freelance »*[818].

Bien qu'elle soit plus ou moins autonome sur la partie technique, la créatrice puise quand même dans les compétences transversales quand elle se juge dans l'incapacité de gérer toute seule une démarche, dans notre exemple l'informatique et la programmation, de l'un de ses projets. Pour l'assister, elle consulte un technicien pour avoir un avis fiable. Elle pense qu'à travers les échanges qu'elle fait avec le ou les spécialistes du domaine requis, la solution apparait d'une manière plus adaptée. Par exemple, la programmation d'une quelconque interaction ou d'un quelconque scénario type est d'une part d'une grande aide pour la partie design mais d'autres part les idées qui jaillissent de ce dernier sont la source d'inspiration de tout type de développement de ceux-ci. Bien que la créatrice possède de nombreuses connaissances et compétences sur le plan technique, elle n'est pas en mesure d'assurer d'une manière personnelle la totalité du projet car elle avoue qu'elle a des défaillances une fois un certain niveau de complexité atteint car ce n'est pas son domaine de formation initial.

Cas n°2 : interview avec ingénieur : vocation (technicité / réalisation)

Dans cette partie, nous allons exposer le point de vue d'une ingénieure. Celui-ci nous permettra de mettre en lumière les différences d'approches et de méthodes interdisciplinaires dans le domaine du design des textiles et des vêtements électroniques. Cet éclairage sera apporté grâce à l'échange que nous avons eu avec Christine Campagne[819], qui travaille sur la fonctionnalisation des matériaux textiles. Elle affirme croire beaucoup en la combinaison des compétences de designers, de chercheurs et d'industriels. Selon elle, c'est l'avenir ![820]

[818] Transcription écrite d'une interview réalisée avec Claire Eliot lors du Salon Première Vision, daté du 07 février 2017, 530.
[819] Professeur d'Université à l'ENSAIT. Voici son parcours : elle a effectué ses études à l'Université de Lille 1 jusqu'à l'obtention d'un DEA (maintenant appelé master 2) en Chimie Organique et Macromoléculaire. A la suite, elle a effectué une thèse de doctorat au laboratoire GEMTEX, en contrat CIFRE avec la société SPONTEX, qu'elle a obtenu en 2001. Elle a ensuite été nommée ATER à Lille 1, puis à l'ENSAIT. En 2003, elle a été nommée Maître de Conférences. Elle a obtenu son HDR (Habilitation à Diriger des Thèses) en 2009 et a été nommée Professeur d'Université en 2011.
[820] Correspondance personnelle avec l'ingénieur Christine Campagne, courriel daté du 08 Février 2017.

A la question « *Comment décrivez- vous votre pratique de la création ?* »

Christine répond : « *Je travaille essentiellement sur le développement de matériaux textiles fonctionnels. J'axe donc mes recherches sur les matériaux, et plus précisément sur l'incorporation de nanocharges dans les polymères pour les rendre conducteurs d'électricité, par exemple. Je les transforme ensuite sous forme de fils et ces derniers peuvent être introduits dans des structures textiles pour devenir des détecteurs de variation de température, de variation de l'allongement, etc. En recherche nous ne travaillons jamais seuls, c'est toujours un travail collectif. Les acteurs sont des doctorants, des post-docs, des enseignants chercheurs, des techniciens, des financeurs, des pôles de compétitivité. Ils sont tous mis à contribution dans notre travail de l'ébauche à la finalisation* »[821].

Une autre approche de création se traduit à travers l'interview réalisée avec un autre acteur de la chaine de création des e-textile. Il s'agit de l'œuvre de l'ingénieur spécialisé dans les matériaux, leurs fonctionnements et leurs assemblages. En tant que spécialiste, elle déploie ses connaissances techniques ainsi que les matières premières mis à sa disposition pour inventer des fibres, des fils et des textiles innovants et capables de performances bien précises. Sa technicité et son savoir-faire, par rapport à son domaine de recherche, lui permet d'être rigoureuse sur ses inventions scientifiques. Donc, le rôle de cette personne ainsi que celui de ses collaborateurs est d'élaborer, de réaliser et de tester la mise en marche de matériaux inédits et novateurs afin qu'ils deviennent une matrice première prête à l'emploi. Ces découvertes seront par la suite une trame initiale prête à être exploitée par les designers pour créer des merveilles. C'est à partir de ces trouvailles que ces derniers peuvent innover. Son travail est primordial pour faire accroître la chaîne de valeurs des produits e-textiles en particulier et promouvoir le secteur en général. L'apport technologique est une plus-value inestimable pour la prospection des designers.

Un métissage de connaissances et de pratiques issu de différentes disciplines où les approches créatives deviennent plurielles. L'amalgame de ces différentes disciplines est une source de richesse et de complémentarité. Il s'agit d'une collaboration étroite qui se fait à part mais dont la complémentarité n'est plus à prouver. C'est-à-dire que chacun regarde l'objet collectif de son propre point de vue, à travers, le spectre de sa spécialité. Ce sont là les notions de

[821] Correspondance personnelle avec l'ingénieur Christine Campagne, courriel daté du 08 Février 2017.

diversité et de pluralité qui sont exposées et démontrées. Chacun des acteurs propose sa discipline, ses connaissances et son savoir-faire en rapport avec un projet commun. On peut s'imaginer dans certains cas qu'il n'y a pas de complémentarité entre les disciplines. Or, il s'agit la plupart du temps d'une idée reçue qui se retrouve vite balayée par les différentes collaborations multidisciplinaires. Il y a un éclatement initial qui conduit à un projet/objet e-textile qui peut se révéler être inédit. C'est la finalité principale de l'innovation dans le domaine du design en général et celui des textiles et des vêtements électroniques en particulier.

C'est pourquoi les designers textiles travaillent davantage l'alliage textile-électronique-informatique pour créer un produit innovant aux fonctionnalités incontournables. Les « textiliens » travaillent en partenariat avec des ingénieurs en électronique et en informatique, des designers de communications, des designers d'interaction, des sociologues …. Afin de construire des passerelles matérielles et conceptuelles entre les technologies et les applications d'usages par rapport à un domaine précis (le textile dans notre cas). Le projet de l'ENSCI, « tissus actifs » est un bon exemple de cette étroite collaboration entre les différents acteurs innovant ainsi dans le secteur des textiles intelligents : « *Il s'agit d'un projet de recherche autour des textiles intelligents. Un projet qui a mobilisé des compétences transversales puisque les designers textiles ont travaillé avec les designers d'interaction. L'objectif du projet était de créer des tissus instrumentés qui, par leurs aspects et aussi par le mouvement, exprimaient l'émotion. Des tissus intelligents qui paraissent même vivant quand ils sont stimulés par l'extérieur. C'est la programmation qui permet à ce mouvement de se produire* »[822]. L'intervention du programmeur est primordiale et nécessaire dans ce type de projet puisque tout n'aurait été que théorisation sans celle-ci. C'est à travers l'intelligence artificielle et le programme que la mise en pratique du concept fédérateur s'enrichit et prend vie.

De nos jours et dans un contexte de transition technologique, la création du textile intelligent nécessite un travail de collaboration entre plusieurs laboratoires, spécialités, industries et disciplines afin d'aboutir à un produit e-textile "commercialisable". Cette conjoncture représente une innovation qui s'établit grâce à une alliance entre les théories et les pratiques dans le but de concevoir de nouveaux matériaux technologiques à travers des techniques de

[822] Ensci les Atelier, " Tissus Actifs – Ensci Design Textile, " vidéo en ligne. Dailymotion, 04:02, juillet 2016, https://www.dailymotion.com/video/xo7oq5, consulté le 25 Mai 2017.

fabrication avancées et leur injection dans le support textile le plus adéquat pour en tirer un meilleur profit. Il s'agit d'étudier la contribution entre science et design pour démontrer les transferts conceptuels qui s'établissent entre eux, ainsi que leurs efficacités dans la construction d'un futur alternatif prospère pour l'humanité. Le schéma ci-dessous représente les différentes disciplines impliquées dans la gestion de la chaîne logistique des vêtements électroniques intelligents. Comme l'indique la figure ci-dessous, on trouve dans cette collaboration un grand nombre d'industries, de domaines et de spécialistes différents qui travaillent de concert afin de les concevoir tels que : ingénieur textile / habillement, électronique, informatique, communication, développement de produits, fabrication et logistique, génie mécanique et système, design industriel, médecine et science social, design de mode, standardisation, sources d'énergie, fibres et matériaux, cyber-sécurité, analyse des données[823].

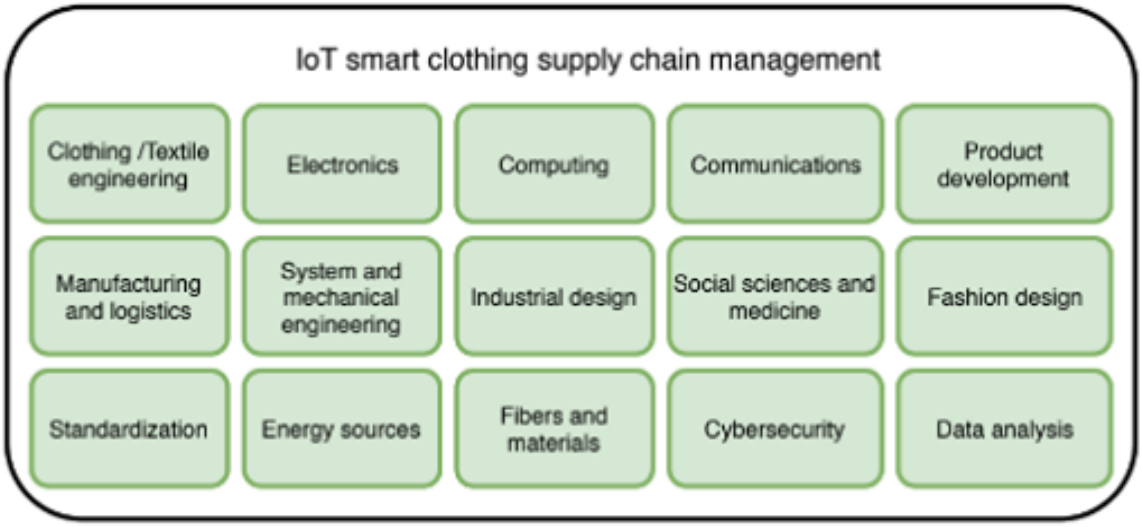


Figure 62. Les différentes disciplines impliquées dans la gestion de la chaine logistiques des vêtements électroniques intelligents
(Fernández-Caramés and Fraga-Lamas, 2018)

Ces différents acteurs issus de domaines divergents de par leurs formations initiales convergent et s'associent dans l'unique but d'unir leurs compétences transversales. Chacun de sa place offre le meilleur de lui-même et de sa discipline. A travers cette multiplication de connaissances la proposition finale du projet en commun sera forcément plus efficace, performante et originale car elle puise dans le savoir et dans le savoir-faire de chacun d'eux

[823] Fernández-Caramés and Fraga-Lamas, " Towards the Internet of Smart Clothing: A Review on IoT Wearables and Garments for Creating Intelligent Connected E-Textiles ", *Electronics* 7 n°12 (2018).

de par sa formation initiale et ses acquis professionnels. La différence apparente de ces domaines permet de créer une complémentarité sans failles entre eux.

D'après Philippe Perrenoud : « *le travail en équipe n'est pas une technologie, ni même une méthodologie. Il touche ce qu'il y a de plus profond en chacun, son rapport à soi et à autrui, la peur d'être percé à jour ou phagocyté, la confiance, la dépendance, l'autonomie, le gout du pouvoir, l'envie d'être accepté, reconnu, estimé, le besoin de solitude et le besoin contraire de fusion dans un groupe* »[824]. Le projet interdisciplinaire répond à cet ensemble de besoins en plaçant le concepteur dans des situations de collaborations avec de nombreux acteurs. Dans l'interdisciplinarité, chaque personne a sa propre discipline, sa vision personnelle concernant la conception de tel ou tel produit. Dans beaucoup de disciplines, c'est un rapport conflictuel qui nous amène à prendre un risque car chacun veut que l'autre adopte son point de vue et intègre sa zone de confort. Mais ce terrain effervescent peut aussi être une source de richesses et de progrès dans le champ du design puisqu'il y a une fructueuse collaboration entre plusieurs disciplines dans le seul but d'innover. C'est le principe fondamental du design thinking puisque chacun des participants va, de son point de vue, venir enrichir l'interaction entre eux dans le but d'innover pour le profit de l'utilisateur : « *[u]n designer, travaillant seul, ne peut être à la hauteur d'une équipe interdisciplinaire. L'ensemble des membres de cette équipe est plus créatif que n'importe quel membre pris individuellement. L'innovation devient la possession de tous. La capacité à faire avancer les idées, à les changer et à les nourrir des réflexions des autres fait la différence !* »[825].

Aujourd'hui la conception d'un e-textile demande de solliciter plusieurs compétences et spécialités. Un domaine qui met en œuvre des méthodes de travail créatifs et collaboratifs. Une créativité partagée, des méthodes de co-conception[826] avec différents spécialistes pour aboutir à la réalisation de projets étonnants et novateurs améliorant la vie de l'utilisateur. Il s'agit de réussir à faire coïncider le travail de plusieurs disciplines dans un même projet : rencontre entre les sciences humaines et sociales et les sciences de l'ingénierie ; (entre Art / design et technique et technologie). Cette démarche est adoptée par certains laboratoires

[824] Jean-Claude Meyer, *Le travail collaboratif des enseignants : pourquoi ? Comment* (Paris: esf, 2017), 9.
[825] Ibid., 57.
[826] Jen Ballie, " E-co-Textile Design: How can textile design and making, combined with social media tools, achieve a more sustainable fast fashion future? " (PhD diss., University of the Arts, London, UK, 2014).

transdisciplinaires dans le monde du design suivant la même ligne directrice que le dans la droite ligne du fameux MIT[827].

S'ouvrant sur de nouveaux concepts et champs exploratoires, aujourd'hui, le designer essaye, à travers une démarche multidisciplinaire, d'anticiper de nouveaux usages, pratiques et modes relationnelles entre les individus et l'environnement qui les entourent. Une instauration de nouvelles valeurs et orientation à travers une nouvelle démarche de conception alliant différentes compétences dans le but de créer des produits-services innovants, attrayants et qui offrent à leur utilisateur une expérience nouvelle dans l'usage et dans l'effet. Dans sa démarche conceptuelle transdisciplinaire, le designer collabore avec d'autres acteurs et fait même entrer en jeu le consommateur afin d'optimiser le rendu. Le nouveau mode de conception s'établit comme étant une science du projet et œuvre à relever les défis de demain : les intersections entre les technologies computationnelles et la société. Le designer d'aujourd'hui porte un autre regard sur le monde en créant des objets électroniques, interactifs, connectés, intelligents, contribuant à l'air du temps. Il faut aussi anticiper les tendances de consommation et faire des enquêtes sur terrain sur les consommateurs cible pour pouvoir concevoir une expérience utilisateur ciblée et impressionnante pour que le projet soit une vraie tendance de fond.

Pour conclure : une discipline traverse d'autres disciplines. Une personne traverse une/des discipline (s) différente (s) pour aller construire un espace de réflexion. Plusieurs personnes qui viennent de domaines différents se réunissent pour produire un projet en commun. Les méthodes sont différentes entre ces démarches, mais l'enjeu est le même : regrouper toutes les formes et tous les intervenants afin de démocratiser le design en général et le design textile en particulier. Cela dans le but d'amener un air d'innovation à ces deux domaines.

c. De la technologie au design ? Du design à la technologie ? De l'électronique au textile ? Du textile à l'électronique

Nous commencerons, d'emblée, par poser la problématique suivante : Est-ce la solution technologique qui permet de créer ces nouvelles fonctions et fonctionnements ou est-ce le besoin anticipé du designer d'innover qui demande que tels ou tels éléments

[827] MIT: Massachusetts Institute of Technology.

technologiques soient nécessaires ? D'où le questionnement qui se pose : de la technologie au design ? Ou du design à la technologie ? L'élément électronique fait-il partie intégrante du textile - vêtement ou bien est-il rajouté après la conception - réalisation ? Les deux conditions peuvent-elles être complémentaires ?

Du design à la technologie : Du textile à l'électronique

C'est dans cette perspective que je me suis adressée à l'ENSCI – Les Ateliers pour pouvoir aborder mon sujet de recherche avec des spécialistes du domaine et voir comment on pourrait arriver à établir un lien entre une approche théorique artistique et une approche pratique technique. Dans ce cadre, j'ai discuté avec Madame Ursula Gleeson, Professeure au Département de Design Textile à l'ENSCI – Les Ateliers, qui m'a expliqué que : *« [l]es travaux réalisés par les élèves en design textile sont faits avec une sensibilité textile, ce qui n'est pas souvent le cas avec les projets commercialisés. L'imagination et les rêves des designers ont permis de donner vie à des possibilités que l'on croyait jusque-là impossibles. A traves une analyse de l'existant et de la problématique posée par la société partenaire, par exemple, les élèves travaillent des scénarios d'usage sur les différentes thématiques recherchées, avec une sensibilité à la matière autre que la maîtrise de la technique. Pour aboutir à un textile électronique connecté fonctionnel, ils ont toujours besoin de collaboration avec un spécialiste en matière de nouvelles technologies. C'est le designer d'interaction Morin Donneau*[828] *qui les assiste et travaille l'électronique, la programmation, la connexion, le branchement des composants telles que Arduino de leurs projets d'études. Donc leurs démarches consistent à composer avec de la matière et lui donner un sens puis dans un deuxième temps à penser à la solution technologique avec un spécialiste »*[829].

On est face à une démarche qui va de la conception à la programmation. Ces projets se produisent dans le cadre d'une recherche conceptuelle créative débutant par une réflexion sur le matériau textile pour se finaliser par la concrétisation de l'apport technologique grâce à l'intervention du professeur spécialiste pour la matérialisation de cette partie. La conception des textiles électroniques nécessite une coordination et collaborations entre différents domaines afin de finaliser l'idée aboutissant à un projet fini.

[828] Morin Donneau : ancien élève de l'ENSCI les Atelier, designer d'interaction et professeur.
[829] Interview réalisée avec Ursula Glesson, professeure au département de design textile à l'Ensci-les Ateliers, 2017.

Souvent les ingénieurs et les programmeurs sont ceux qui concrétisent ces idées et décident du choix des composants et de leurs emplacements par rapport au souhait, à l'imagination et aux concepts établis par le créateur. La particularité réside dans le choix entre telle et telle technologie (composants - systèmes) susceptible de répondre aux besoins proposés par le designer dans le but de concrétiser ses idées de bases. Comme nous l'avons indiqué dans un chapitre précédent il existe différents types de dispositifs technologiques et de degrés de leurs intégrations dans le substrat textile. Ces techniques permettent de distinguer la manière d'incorporation des composants (directement / superficiellement ; apparente / caché ; volumineuse / discrète ; lourde/ légère ; etc…). Le principe consiste à choisir les matériaux compatibles et les méthodes (technique et pratique de façonnage) les plus simples et les plus adéquates à les intégrer pour matérialiser l'idée du concepteur avec le meilleur résultat possible. Dans ce sens, chaque vêtement intelligent fonctionnera en fonction du type de la technologie et du matériel électronique intégré.

Les limites techniques du textile électronique au niveau de la fabrication du vêtement semblent être une réelle contrainte pour ces créateurs de mode. Ces frontières sont un frein qui retranche une part de la liberté de création dont jouissait les designers textiles et les designers de mode. Jean Zimmermann, responsable de l'innovation textile chez la société Suisse Forster Rohner a expliqué lors du salon Wearables Technology Show à Londres que lorsqu'on parle de mode, le processus de création d'un textile électronique est différent du processus de création d'un vêtement ordinaire. Le créateur de mode est habitué à styliser et modéliser la pièce et si nécessaire à couper et recouper le tissu pour obtenir une nouvelle forme. Aujourd'hui, ce n'est pas possible car avec de l'électronique intégrée dans le textile on ne peut plus faire marche arrière[830]. Donc, plusieurs facteurs doivent être pris en compte dès le début du processus de conception des vêtements intelligents (esthétique, culturelle, ergonomique, technique) pour garantir le résultat le plus efficace possible.

De la technologie au design : De l'électronique au textile

Prenons maintenant le sens contraire de celui vu précédemment. À travers l'interview qu'on a réalisée avec Claire Eliot, nous avons remarqué que le processus de création peut se faire à l'inverse. Elle peut commencer par une recherche sur la partie technologique

[830] " Smart Fabrics Technology, Don't Believe The Hype (Just Yet) ", *FASHNERD*, https://fashnerd.com/2016/08/smart-fabrics-technology-believe-hype, consulté le 19 Mars 2020.

aboutissant à l'élaboration du vêtement électronique intelligent étant donné qu'elle est experte dans la matière.

On lui a demandé à ce sujet : « *Vous travaillez l'électronique avant de concevoir le vêtement ?* »

La créatrice a répondu : « *J'ai mes propres projets ou je fais des vêtements connectés en mon nom mais qui sont plutôt des produits qui permettent l'intégration de la technologie. Des produits vitrines pour exposer les fibres et les textiles innovants. Je ne développe pas de concept pour l'industrialisation. Ce sont des vêtements qui sont prototypés pour montrer que je suis une experte dans la micro-électronique et l'intégration des nouvelles technologies. La modélisation en 3D me sert beaucoup pour des systèmes d'attaches ou d'assemblage pour justement suivre les problématiques via l'intégration des circuits électroniques.* »[831]

La créatrice réalise en premier lieu la partie technique de ses prototypes puisque son approche est différente : « *C'est ce qu'on appelle un peu reversing genering* » : la démarche à l'envers. Comme elle l'a mentionné dans l'interview, la plupart du temps le créateur se saisit de la technologie et essaye de la transformer en produit. Ce sont des solutions technologiques innovantes qui peuvent être des sources d'inspirations pour d'autres designers et qui peuvent les adapter à leurs projets conceptuels. C'est-à-dire que le textile devient un support pour accueillir la technologie qui œuvre à créer de nouveaux usages et de nouvelles fonctions et fonctionnalités au système grâce à celle-ci. Dans ce sens, pour concevoir un e-textile intelligent nous avons besoin d'éléments, de composants technologiques nécessaires ainsi que de différentes possibilités d'intégration. Le rôle du créateur consiste alors à choisir, à concevoir, à développer, à réaliser, à expérimenter et à tester les technologies efficaces et spécifiques pour un résultat innovant. C'est une approche centrée sur la technologie et la technique (forme et notion) et non plus une approche basée sur le design de l'objet en lui-même.

Elle réplique : « *Par exemple moi pour apprendre l'électronique, j'ai démonté énormément de machines. Par exemples des imprimantes. Ça m'a permis de voir presque comment les mécanismes étaient faits pour contrebalancer dans l'art numérique. Donc on*

[831] Transcription écrite d'une interview réalisée avec Claire Eliot lors du Salon Première Vision, daté du 07 février 2017, 529-530.

démonte énormément de machines industrielles et c'est ce processus qu'on appelle reversing genering »[832].

Bien que sa formation initiale soit en design industriel et en mode, ses expériences, ses essais et ses recherches au niveau des composants, de leurs fonctionnements et de leurs agencements lui ont permis d'acquérir une certaine technicité qui lui a donné la possibilité de parcourir le processus dans le sens d'un ingénieur. Une approche opposée à celle du designer censé commencer par la conceptualisation de la solution e-textile à partir du substrat textile et de ses particularités. La créatrice, adopte ainsi une démarche basée sur une approche technique menant dans un second lieu à une recherche formelle.

Dans la même lignée, Ying Gao[833] explique que les ateliers qu'elle fait à UQUAM sont l'occasion d'expérimenter avec la technique, de faire parler la technique, de la bousculer. Au départ des expérimentations qu'elle réalise avec ses étudiants, l'aboutissement n'est pas clair et est floue. Elle explique : on ne sait pas exactement ou on va, on expérimente avec, en déplaçant la technique dans des cadres et dans des emplois un peu exogènes de son cadre habituel et on voit ce que ça offre. A partir de là, on envisage des perspectives pour la technique, mais ça veut dire qu'il y a une espèce de confrontation, de jeu, de travail qui est fait avec la technique pour essayer de lui faire extirper des choses qu'elle n'a pas eu forcément l'occasion de montrer. Il y a des processus que le design va développer et qui sont nouveau du fait même des possibilités que la technologie propose[834].

Maintenant, pour schématiser, concevoir un vêtement, le créateur ne se trouve plus seulement face à des étoffes et à des éléments électroniques. Certes, il s'agit de considérer les relations complètes que l'on a à l'environnement c'est à dire d'envisager le vêtement technologique à l'interstice de pleins de paramètres. Cette approche expérimentale concède que le créateur conçoit le système avant de concevoir le vêtement et donc qu'il applique le système au

[832] Transcription écrite d'une interview réalisée avec Claire Eliot lors du Salon Première Vision, daté du 07 février 2017, 532.
[833] Ying Gao est une designer de mode et professeure de design basée à Montréal, au Canada. Née à Shanghai, en Chine, en 1973, elle a étudié le design de mode à l'Université de la mode et des arts de l'Institut d'art et de design de Hangzhou, en Chine, avant d'obtenir un doctorat en études et pratiques des arts à l'Université du Québec à Montréal. Elle est surtout connue pour ses créations de vêtements interactifs et haute technologie, qui combinent la mode, l'art et la technologie pour explorer les concepts de mouvement, d'interaction et de transformation. Ses œuvres ont été présentées dans de nombreuses expositions de mode et d'art à travers le monde, notamment au Centre Pompidou à Paris, au Musée national des beaux-arts du Québec, au Design Museum de Londres et au Museum of Modern Art de New York.
[834] Transcription écrite d'une interview réalisée avec Noémie Vallières (Assistante de l'artiste Ying Gao) lors du Salon Première Vision, daté du 08 février 2017.

vêtement. C'est-à-dire concevoir la technologie avant la stylisation, la modélisation du vêtement. La technologie est devenue un élément qui va être encapsuler dans le textile. Du point de vue méthodologie du design, le créateur modélise sûrement mais il essaye de comprendre d'abord quel est le réseau de fonctionnalité et l'environnement sur lequel le textile va être immergé pour essayer de comprendre ce qu'il va apporter comme fonctionnalités nouvelles.

Ainsi, d'après ces différents témoignages, nous pouvons comprendre de la conception des vêtements électroniques s'avère plus « technique » que « textile », pourtant les deux personnes qui ont témoignées de leurs expériences sont issues de domaines artistiques, c'est ce qui impacte d'une manière ou d'une autre leurs approches conceptuelles. Leurs technicités et pratiques leurs permet de mieux concevoir à travers les meilleures expérimentations interactives possibles.

Interaction design / technologie

Un autre témoignage de Alice Gras[835] qui démontre de la différence entre les deux visions précédentes et qui résume l'interaction entre les deux disciplines (design / technologie) :

« *J'ai le sentiment qu'il y a encore beaucoup de gens qui viennent de la mode et qui s'intéressent à la technologie donc qui vont avoir des produits à finalités très esthétiques mais qui nécessitent des collaborations d'ingénieurs pour pouvoir fonctionner correctement. Ou à l'inverse des projets de personnes qui viennent du milieu de la Tech : underground globen innovation ou même du mouvement de vacure space avec beaucoup d'informations qui fonctionnent sur un modèle de partage et là on va avoir des projets qui vont être finalement très intéressants, très innovants ; parfois même de véritables œuvres d'art. Mais sur le plan de l'esthétique on n'est pas dans des projets de mode, qualifiés de mode au sens Français du terme mode (haute couture, stylisme). Et après tous les projets n'ont pas la même vocation* »[836].

Ces propos démontrent de la complémentarité entre les disciplines et les interactions qui les sous-tendent et les font interagir entre elles. La spécialité et l'effet de claustration sur ses

[835] Alice Gras : fondatrice et président de l'association " Fashion Tech ".
[836] Transcription écrite d'une interview réalisée avec Alice Gras lors du Salon Première Vision, daté du 08 Février 2017, 537.

acquis est une des raisons qui poussent les uns et les autres à faire appel aux spécialistes d'une discipline souhaitée afin de mettre sur pied tel ou tel autre projet. Or, même s'il paraît qu'une pareille formation ait ses limites, elle n'en est pas moins source de création de « ruches » où foisonnent échanges et créations innovantes par l'intermédiaire de rencontres entre diverses disciplines.

La première approche qui irait du design à la technologie concerne généralement les stylistes et les artistes qui essaient à travers leurs travaux de s'appuyer sur l'esthétique et de mettre en avant le coté plastique par rapport aux problématiques et aux concepts posés au départ. Leurs visions sont purement artistiques car leurs buts consistent à travailler les différentes matières pour faire beau et original. Une intervention sur le côté technique leur serait d'une grande aide pour pouvoir réaliser le fonctionnement souhaité, aussi hors norme soit-il. La non connaissance des engrenages techniques peut être un réel frein à leurs imaginations issues généralement du domaine de la science-fiction et de la mythologie.

Nous pensons à travers ces propos aux projets de la styliste Anouk Wipprecht[837] qui a conçu des créations étonnantes et innovantes comme le projet phare "la robe araignée : spider Dress 2.0" [838] mêlant haute technologie et inventivité artistique et qui peut être inspiré du mythe d'Arachné[839]. La designer a été interviewée par la journaliste Ludmilla Intravai sur le choix de la gestuelle d'une araignée comme inspiration et elle a affirmé à ce propos que : « *[d]'*une manière générale, je m'inspire beaucoup du comportement des animaux et, dans le cas de la Spider dress, de leur attitude territoriale défensive »[840].

L'initiative de pareils designers, par rapport à leurs projets inventés, pourrait être qualifiée d'extravagante. Ce sont de véritables œuvres d'arts qui interrogent une problématique d'ordre sociale, culturelle, morale amenant à en débattre.

[837] Anouk Wipprecht est une designer et ingénieur néerlandaise qui se spécialise dans la conception de vêtements interactifs et technologiques, notamment les e-textiles et les wearables. Elle est connue pour ses créations innovantes qui allient l'esthétique et la fonctionnalité.
[838] Gérard Quévrin et Muriel de Vericourt, " Une robe « araignée » imprimée en 3D ", *L'USINE NOUVELLE,* 05 Février 2015, https://www.usinenouvelle.com/article/une-robe-araignee-imprimee-en-3d.N1849962, consulté le 15 Février 2017.
[839] Le mythe d'Arachné.
[840] Ludmilla Intravai, "La couture électronique exprime qui nous sommes ", *Le boudoir numérique*, 13 Décembre 2015, accessible sur le lien : https://boudoirnumerique.com/interviews/2015/12/13/la-couture-lectronique-exprime-qui-nous-sommes-58789, consulté le 12 Mars 2022.

Figure 63. " la robe araignée : Spider Dress 2.0 "
(Anouk Wipprecht, 2015)

La seconde approche allant de la technologie au design, se concentre sur une performance technologique n'ayant aucune aspiration à se préoccuper du côté esthétique. Or, même si ce souci émerge en certaines circonstances, il ne peut se hisser aux normes artistiques établies et acceptées dans ce cercle si sélectif. D'où la nécessité de faire appel aux modélistes pour pouvoir défendre leurs créations sur les podiums et autres. Avoir un système fonctionnel du point de vue technologique ne veut pas dire impérativement qu'il sera admis comme produit plastiquement acceptable. Établir et mettre sur pieds un projet fini du point de vue technologique est pour l'ingénieur une réalisation concrète de ses aspirations et réflexions. Reste à savoir si ce projet comportait initialement l'idée d'être habillé ou si celle-ci a été induite par la rencontre avec un designer textile. Draper une solution technologique peut être une manière de la faire accéder à un cercle plus ouvert, mais aussi contradictoire que cela puisse paraître, très sélectif. La mode a ses normes, ses canons et ses traditions. Il sera certes novateur d'enfreindre les règles, d'innover mais le risque serait de se voir mis à la marge de cet univers.

Les nouvelles technologies ont engendré une révolution au niveau de la conception et de la fabrication des projets : « *L'importance prise par les technologies électroniques et numériques dans les différents domaines du design rend celles-ci incontournables. Elle ne se traduit pas simplement par la mise au point de produits électroniques à destination du grand*

public, mais constitue une révolution concernant les différents niveaux de conception et de fabrication des projets. Les designers partagent aujourd'hui un ensemble d'outils qui rapprochent leurs méthodologies de travail en créant des transversalités entre disciplines : un même concept peut se décliner sur différents supports, qui deviennent eux-mêmes des interfaces d'échange pour une circulation dynamique de l'information. Le support perd en spécificité ce qu'il gagne en universalité et en connectivité. Cette approche du projet nécessite la mise en œuvre de modes de pensées considérées comme contradictoires. La création est souvent associée à une pensée analogique fonctionnant sous forme de métaphores, tandis que les technologies du numérique reposent sur un substrat mathématique incarnant une pensée rationnelle et scientifique. Mais il serait simpliste d'y voir un frein aux possibilités d'expression offertes par les nouvelles technologies, ... »[841].

Aujourd'hui, l'intégration des nouvelles technologies dans le champ du design textile a modifié d'une part les spécificités, les propriétés et les caractéristiques des produits e-textiles en découlant et d'autre part a modifié la manière de les concevoir et de les fabriquer. Ils sont devenus électroniques, intelligents et autonomes. Il s'agit à la fois d'une dualité et d'une complémentarité qui est en même temps une sorte d'opposition entre le fondement de chaque discipline en soi : la technologie en tant que science exacte et le design comme forme d'expression. Le design étant un rapport entre le concept, l'aspect et l'usage, dépasse la dimension matérielle vers une recherche d'immatérialité dans la conception et la production des produits e-textile à travers le degré de technicité et de rigueur qu'offrent les disciplines scientifiques.

En effet, de nos jours la technologie progressivement intégrée dans nos sociétés occupe une place primordiale dans notre vie, elle s'implique de plus en plus dans notre mode de vie actuel qui est en perpétuel changement. Il ne s'agit plus d'une simple technologie innovante mais elle implique et engage une approche particulière et globale pour la résolution des problèmes d'ordre sociaux, …. Il est à noter que cette innovation technologique œuvre à la création et à l'engagement puisqu'elle engendre de nouveaux enjeux et besoins, de nouvelles collaborations et de nouveaux modes conceptuels dont l'objectif est d'atteindre un niveau supérieur de bien-être et de confort pour l'usager. Il s'agit de concevoir une expérience sensorielle unique à travers chaque type de vêtement électronique intelligent qui offre des

[841] Mugnier et Ho, *Design Interactif*, 23.

services particuliers à son porteur. D'où une grande importance attribuée à l'innovation technologique au niveau de la conception de ces vêtements électroniques intelligents.

Nous pouvons constater en guise de conclusion que l'approche diffère d'un concepteur à un autre et chacun aborde le projet à partir de sa propre vision, de son domaine de recherche initial ou de ses pratiques professionnelles. Cela se fait également à partir de l'intention de ses recherches, de ses compétences et de ses acquis en matière de création des textiles et vêtements intelligents.

Comment renforcer le lien entre les différents acteurs : designer, ingénieurs et industriels ?

La nouvelle démarche marketing transversale R&D : recherche et développement, semble être la solution en vue d'accroître les connaissances et donc les compétences pour de nouvelle applications innovantes en vue d'accroître les collaborations dans le domaine des textiles connectés. Ce concept allie entre les différentes idées et savoir-faire dans le but d'améliorer le résultat en ouvrant la voie à une participation entre une équipe pluridisciplinaire issue de différents champs d'applications et d'investigations. La démarche consiste à se focaliser dès le départ, sur les demandes du consommateur moderne et à prendre en considération ses exigences et ses aspirations par rapport au projet en vue. La compréhension de la vision du consommateur est très importante car elle ouvre la voie à de nombreuse idées fluctuantes qui peuvent mener à des projets d'ordre social destinés à une cible très large. D'où le potentiel d'une telle démarche.

Conclusion générale

La présente thèse a pour but de démontrer l'interaction entre évolution du savoir-faire humain et son intégration dans ce qu'il a de plus concomitant à son corps, à savoir le tissu. Cette évolution des techniques de tissage et d'intégration des technologies dédiées aux manufactures textiles montrent que les mécanismes évolutifs du maniement de la matière textile ont créé une réflexion sur les matériaux mais aussi sur les différentes approches possibles permettant d'aboutir à une meilleure qualité de tissage et à un rendement fonctionnel plus optimisé. Ainsi, il est remarquable que le vêtement cible une ou plusieurs fonctions selon les latitudes où il sera porté. Le matériau, le tissage, le style et le model différent d'un pays à un autre et les différentes approches et attentes également. Or le lien commun à toute cette industrie demeure cette soif d'innover et de démontrer que le textile n'est plus voué à être porté comme une seconde peau dont la fonction primaire se concentrera à couvrir le corps et à préserver son intégrité physique.

Éclaircir ce point est primordial dans la compréhension des raisons qui ont amené à utiliser le tissu comme moyen d'assouvir un désir de porter à fleur de peau une multitude d'objet dont on tire profit au quotidien. Le textile est porté et porte notre outillage, nos clefs, notre monnaie…

Il va jusqu'à adopter notre identité en s'accaparant le luxe de porter et de préserver notre carte d'identité, notre permis de conduire…

Sauf qu'avec la montée en force de la téléphonie mobile et du tout connecté portable, le vêtement est aussi devenu une sorte d'objet capable d'assurer de nouvelles performances, préservant le corps humain des différentes nuisances externes, porteur de ses effets personnels et en plus une sorte de coque de sécurité secondaire pour nos objets électroniques. Ainsi, la poche se voit associer la double fonction de porteuse et de protectrice de nos objets des plus usuels aux plus évolués technologiquement.

Téléphone mobile, walkman et lecteur MP3 vont être fabriqués en adéquation avec leurs capacités à être portés dans ou sur le vêtement. Quelques-uns se verront doter d'une languette pour être fixés à la ceinture. D'autres seront miniaturisés pour s'immiscer plus facilement et

sans encombrement dans la poche. C'est dans un souci de confort que la course à la miniaturisation verra le jour.

Le perfectionnement et l'assouvissement des désirs des utilisateurs/porteurs sont devenus deux vecteurs évoluant dans le sens de l'innovation. Nous savons que l'inventivité nait de différents besoins et que ceux-ci ne cesseront d'être de plus en plus insatisfaits ou du moins inassouvis. L'humaine nature est ainsi faite ! Une fois un désir ou une attente comblée et voici une autre qui vient la remplacer ou prendre le dessus sur celle qui l'a précédée. Le mécanisme de l'évolution humaine pourrait être expliqué par cette perpétuelle quête de vouloir atteindre un inaccessible mirage. Celui-ci est devenu de plus en plus présent avec la naissance de la science-fiction en tant que genre littéraire et ensuite en tant que genre cinématographique. La discipline littéraire et cinématographique a influencé et a été influencée en retour par les différentes avancées scientifiques de son époque et a permis d'insuffler quelques idées aux scientifiques et cela quelles que soient leurs spécialités.

Il ne faut pas non plus oublier les diverses interactions et influences que ces adaptations sur petit ou grand écran ont eues sur l'univers de la mode en général. Les modes des années 1980 et 1990 n'ont-elles pas été largement popularisées par les séries et les films qui ont connu un grand succès et ont été suivis par des milliers de téléspectateurs à travers le monde ?

Comment oublier les différentes tenues portées par les acteurs des séries de science-fiction ? Qui n'a pas rêvé d'en porter une et de s'en acquérir les avancées technologiques qui y étaient embarquées ? Du petit module qui permettait de se téléporter à celui qui permettait de contacter le vaisseau mère resté en orbite ou à l'autre qui donnait au héros la possibilité de se transformer à distance et à faire appel à son méchant robot superpuissant, pour terrasser les envahisseurs ?

Le vêtement ! Un univers de possibilités et de rêveries ! De fantasmes et de concrétisations après plusieurs tentatives !

Si l'homme a su y projeter ses aspirations, c'est qu'il y a trouvé un terrain favorable pour le faire. Comme nous l'avons démontré plus haut, les potentialités qu'il offre sont aptes à être comblées en faisant appel aux disciplines adéquates. Ainsi, dès l'avènement des objets technologiques portables, ceux-ci ont trouvé poche à leurs mesures ou ont pris les

mensurations nécessaires pour pouvoir s'y faufiler. Le souhait de rendre plus proche de soi le service fourni par l'objet technologique est devenu un des moteurs de son évolution et en retour la miniaturisation de celui-ci a insufflé l'idée qu'il peut non plus se limiter à n'être qu'un objet embarqué mais qu'il pouvait être encore plus voire beaucoup plus qu'un simple objet secondaire au vêtement.

C'est cette vision d'objet-service secondaire ajouté au corps même ou au vêtement que nous retrouvons chez Steve Mann ou encore avec ses premières tentatives. La notion de "wearability" est née de cette ébauche qu'a eue Mann en démontrant que l'objet technologique peut être doté de cette fonctionnalité portative afin de le rapprocher du corps et de pouvoir bénéficier de ses services à tout moment. Même si cette tentative n'a pas trouvé de débouchée commerciale, elle n'en reste pas moins une des étapes les plus importantes dans la concrétisation de l'idée innovante de la portabilité et de la coexistence des deux entités, physique et physiologique, sur le même matériau textile puisque celui-ci fera office de medium entre les deux.

Suite à cette réflexion, des premières tentatives d'intégration des composants électroniques sur le substrat textile ont vu le jour. L'exemple de la collaboration entre deux grands leaders de différentes industries telles que "Levi's Straus" et "Philips" en est un exemple concret. Ces derniers y ont trouvé une alternative innovante aboutissant à un résultat commun qui est celui de la concrétisation de l'avenir en marche du domaine du textile encouragé par l'ingéniosité du domaine technologique. Cette semi-osmose entre ces deux univers a commencé par cette première approche de "wearability" et dès lors a débuté cet appel à évoluer afin d'atteindre un objectif d'osmose totale entre l'objet-service et le tissu.

Ajouter ou greffer le produit technologique à la surface textile fait apparaître une solution amalgamant deux entités qui s'associent pour produire et fournir un service. Or, ce que souhaite atteindre l'industrie e-textile, c'est de phagocyter et de s'approprier la solution technologique par le tissu et en faire un objet à part entière. Dorénavant le but que souhaite atteindre l'industrie du « textile augmenté technologiquement » réside dans le fait de donner corps à un produit service e-textile fournissant diverses solutions amplifiant les capacités humaines tout en donnant l'impression qu'il est un produit textile ordinaire. L'évolution réside dans la manière avec laquelle seront intégrés les différents composants électroniques

jusqu'à atteindre le degré d'invisibilité et en faire un produit incorporé au tissu et ainsi l'hybrider et l'assimiler à lui pour en créer un tout indissociable.

Nous utilisons le terme « augmenté » car c'est de cela dont il est question puisque le tissu, objet auparavant inerte, se drape de capacités évolutives selon les modalités d'utilisation et de configuration. Encore plus, le tissu se dote d'autres prérogatives : il est capable de se transformer selon les services qu'il fournit. Polymorphe, il est capable de mesurer les signes vitaux d'un patient, de mesurer le degré d'effort fourni par un athlète, de mesurer la température et le degré de gaz toxiques autour d'un incendie et de voir si les intervenants encourent un risque vital et de les en prévenir. Ainsi, il peut, tour à tour, devenir l'infirmier, le coach sportif, le pompier. Cette perméabilité et cette ouverture que propose le tissu aux applications et aux approches expérimentales en relation avec les nouvelles technologies font de lui le matériau de prédilection des designers.

Le tissu et sa relation avec l'homme sont le cœur même de la problématique principale de cette présente thèse. L'étoffe est le meilleur compagnon de l'homme depuis des millénaires. Il ne s'en sépare presque jamais et s'il le fait ce n'est que pour de brefs instants dictés soit par ses instincts soit par choix conscients. Et même ici, pointe cette ambivalence dans le rapport qu'entretiennent le porté et le porteur. Porté, le tissu donne à voir et permet de lire et de décortiquer une ou un ensemble de données qui concernent le porteur. Enlevé, il permet également cette approche analytique de l'ensemble étudié.

Cette mimésis qui s'établit entre les deux entités permet une probable osmose entre elles. L'homme projette ses aspirations et ses attentes quant au matériau textile et celui-ci les reçoit. Or, ce réceptacle permet tout autant d'en faire de même et se hisse au niveau de matière projetant un ensemble d'idéologies et de messages socio-culturels qui concernent son porteur. Le vêtement est ainsi un objet fonctionnel qui va se transformer en objet doté de fonctionnalités diverses. L'objet e-textile n'a jamais perdu ses fonctions premières, au contraire, il les a conservées et a gagné de nouvelles fonctionnalités. Le vêtement a toujours été qualifié comme étant un objet relationnel. La nouveauté réside dans le fait que ces relations nouvelles qui se créent entre le porté et le porteur se sont modifiées par le fait que la technologie a imprégné le vêtement. Elle est donc un supplément fonctionnel. Elle va offrir de nouvelles alternatives à travers la qualité et la quantité d'interactions qu'elle offre. Elle va définir d'autres propriétés relationnelles. Ce qui était caractéristiques naturelles du vêtement

a été augmenté pour acquérir de nouvelles caractéristiques ajoutées technologiquement. Les designers projettent leurs idées et aspirations sur le matériau textile par l'entremise de la technologie embarquée. Ainsi, nous remarquons que la nouvelle approche du designer ne se limite pas qu'à conceptualiser et à concrétiser son projet d'un point de vue esthétique et fonctionnel mais il essaie de résoudre des problèmes d'ordre social puisqu'il doit tout d'abord avoir cette aisance d'étudier la société et d'en déceler les maux afin de recourir à son savoir-faire et d'y remédier. Tout ceci dans le but d'ouvrir de nouvelles perspectives, dimensions et possibilités d'usage dans la finalité d'offrir à l'utilisateur cible de nouvelles expériences et de parvenir à lui fournir par cette entremise de nouvelles solutions capables de l'aider à gérer son quotidien.

A travers les analyses des différents projets étudiés, nous avons découverts que les différents enjeux ont eu pour départ une problématique sociale bien précise. Bien sûr nous tenons à préciser que celle-ci dépend de la catégorie cible du domaine d'application et des finalités à comblées à partir dudit projet. L'approche de l'industriel n'est pas comparable avec celle d'une start-up, d'un artiste ou d'un designer puisque chacun aura ses spécificités qui lui sont propres et par là une empreinte qui ne doit pas se perdre de vue lors de la conception de la solution e-textile. Chacun d'eux abordera le projet de son point de vue, de ses acquis professionnels et de ses finalités commerciales, artistiques ou sociales. Or, nous avons également remarqué que ce point de départ exprimant une motivation et une intention primaire du projet pouvait évoluer selon les circonstances et les aléas rencontrés durant le parcours créatif. Tout ceci peut faire que le projet initial se retrouve modifié et transformé en un résultat totalement ou partiellement différent de l'idée de départ.

Ce qui nous montre que le e-textile est ici pensé par rapport à l'individu et que celui-ci ne peut qu'être étudié que par rapport à son appartenance et à son existence en société. On pourrait rapprocher cet ensemble d'interactions en l'image des vases communicants qui essaient de trouver un équilibre entre les fluides dont ils sont remplis.

Le design, en tant que discipline, se voit également impacté par ces évolutions. A travers les exemples cités et décortiqués, nous avons tenté une approche démontrant que ces derniers sont en constante évolution en puisqu'ils utilisent une nouvelle approche vis-à-vis du matériau textile et de son alliance avec la technologie, mais que la discipline qui y a concouru s'est également vue évoluer et se doter d'approches nouvelles et innovantes. Le

renouvellement affecte toutes les parties impliquées dans les différentes étapes menant au produit final. En résumé, cela signifie que le design peut être amené à modifier ses pratiques en termes d'outils, de méthodes et de la manière de concevoir les projets.
Sa méthodologie est interrogée à travers trois polarités :

- L'individu.
- La société
- L'environnement

Cette triade relationnelle préfigure la manière dont le design se pratique autour d'eux trois mais également démontre que celui-ci est le lien entre eux dans notre approche de cette nouvelle vision que nous avons de la solution e-textile comme résultat innovant adopté pour le bien-être et le confort dans l'usage et dans l'effet procuré. Et c'est en soi une réponse à une problématique épineuse ayant attrait avec la coexistence de l'individu avec et dans son espace. Or, trouver et offrir un « confort » revient à fournir et dédier une solution ayant pour but de créer un espace physique où se trouve l'agrément du confort pour le rendre plus adapté aux attentes individuelles.

Cette inflation, cette espèce de grossissement fonctionnel, cette multiplication des fonctionnalités nous amène à considérer le vêtement comme une sorte de passerelle sociale entre les individus mais également comme une sorte de substrat quasi indispensable à la relation à soi, aux autres et à l'environnement. Cette prévalue fonctionnelle nous fait vivre et être dans le monde différemment.

L'approche de la conception et du design de l'élément textile se développe aussi. La manière de concevoir le vêtement ne dépend plus seulement de son adaptation aux goûts et aux mœurs ou aux modes adoptées. Elle dépend, du moins dans cette étude du e-textile, de la configuration technologique accueillie par le vêtement. Ainsi, la première pensée se concentrera sur le schéma technologique. La seconde, sur le vêtement et les matériaux textiles dont il sera composé et son style sera étudié selon le schéma technique et technologique pré-pensé. C'est dorénavant au vêtement de se plier aux impératifs de la technologie embarquée et de s'y adapter. Il est une matrice accueillant le système pensé et développé pour porter tout cet attirail technologique. Il s'agit d'examiner et de réfléchir une conception vestimentaire qui aboutira à une interface de synthèse relationnelle. Cette approche du vêtement, nous permet de voir que les trois vecteurs la synthétisant se sont vus

transformer ou du moins sont aptes à évoluer et à subir l'évolution dont ils sont porteurs. Le vêtement se transforme et change de rapport quant à la peau dont il s'est drapé depuis sa découverte. Il fait peau neuve et s'y adapte chaque fois qu'il est nécessaire. Le rapport à la technologie se modifie également puisque les systèmes embarqués vont modifier et faire changer notre approche d'utilisateur de nouvelles technologies. La multitude d'objet connectés peuvent dorénavant tenir sur et dans un tissu. Cette effervescence friande d'innovation est en soi un booster poussant toujours l'utilisateur vers des contrées aux frontières encore inexplorées. Téléphonie et informatique, deux domaines aujourd'hui inséparables, vont se voir être sur la seconde peau de l'utilisateur. Et par là-même, cette porosité de possibilité de synthétiser des solutions relationnelles vont modifier le rapport du porteur par rapport aux portés. Il ne pensera plus son rapport à la technologie comme indépendant de son être. Elle le deviendra puisqu'il l'a adoptée comme sa seconde peau :« *[e]n effet, ces textiles intelligents pourront être vus comme une vraie « seconde peau » où les technologies embarquées permettront d'amplifier les caractéristiques cognitives de nos sens. Le calcul et la manipulation de données pourraient créer des expériences visuelles ou tactiles transmises à distance au porteur du vêtement intelligent et le marché nécessitera d'élaborer des fibres textiles intelligentes capables d'exécuter plusieurs fonctions en même temps. Il y aura alors pléthore de nouveaux services à développer* »[842].

Tout ce temps consacré à la partie technique et technologique n'a pas été vain. Comprendre le fonctionnement du système électronique et enrichir mes connaissances quant aux différents composants qui le constituent m'a permis de saisir les différentes interactions internes possibles. Avoir une idée sur les différentes manières de les intégrer pour aboutir à la discrétisation de l'élément technologique par rapport au substrat textile fait en sorte que l'utilisateur ne se rende pas compte de sa présence et fournit un résultat final qui garantit une qualité de finalisation optimale et une qualité d'échange relationnelle. Tout cela est possible grâce à une interface (le vêtement lui-même) adaptée et facile d'accès.

Les échanges et les discussions avec des ingénieurs en électroniques et en informatiques m'ont permis, en tant que designer produit, de m'ouvrir sur de nouveaux champs disciplinaires connexes, me permettant de puiser dans leurs connaissances pour créer ma propre démarche conceptuelle aboutissant à une ébauche de projet e-textile personnel.

[842] Paret et Crégo, *Wearables, textiles et vêtements intelligents*, 171-172.

Puisque, comme nous l'avons démontré, la nouvelle démarche de conception design d'une solution e-textile débute par le système technologique embarqué avant même de penser à donner du style au substrat textile. Sans cette approche et cette compréhension du rapport technologie-textile, il m'aurait été impossible de comprendre ces différentes interactions.

M'ouvrir à d'autres disciplines a été un choix judicieux de ma part puisqu'il m'a permis d'avoir un regard plus mature sur la problématique portée dans ma thèse. Si on n'est pas pluridisciplinaire de formation ou d'expérience professionnelle, la collaboration avec des spécialistes des domaines demandés est une exigence pour pouvoir aboutir à un produit final e-textile performant. Ne pas plonger « dans » le produit e-textile m'aurait imposé d'avoir un regard externe se limitant à la surface sans pouvoir atteindre les raisons et les éléments donnant à cette solution technologique les possibilités d'être dotée d'intelligence. S'acquérir de quelques-unes de ces connaissances permet de lever le voile et de s'approcher, en travaillant la phase de recherche et développement, de plus en plus de la réalité concrète de son sujet. Ceci a été possible lorsque j'ai découvert les « secrets » enfouis sous la matière textile.

La notion de synthèse relationnelle n'aurait pas été si bien comprise sans une approche multidisciplinaire dans laquelle je me suis personnellement impliquée. Cette notion a pour fil conducteur cette osmose qui se fait de part et d'autre entre le vêtement et le système embarqué. Elle peut également mettre en relation le porteur à son environnement social.

Or avant d'y parvenir, essayons de rappeler à notre lecteur que par synthèse relationnelle nous entendons un ensemble de plusieurs types de relations d'interactions qui interagissent entre elles. C'est une forme d'interaction ayant adopté une sorte de relation symbiotique. Le vêtement adopte la capacité de recueillir un ensemble d'informations qu'il va prendre en charge et qu'il diffusera par la suite. La relation système électronique/substrat textile est une relation symbiotique qui va modifier le qualificatif même de « vêtement » pour faire immerger à sa place celui d'interface. Lorsque nous disons que le vêtement EST une « interface de synthèse relationnelle » nous nous permettons par là-même de modifier sa qualification et encore plus ses attributs. Dorénavant on a modifié la manière de le qualifier, de le concevoir et de le penser. Le symbiote électronique prend possession du vêtement et s'accapare ses caractéristiques primaires pour les faire siennes et les augmenter de plusieurs autres.

La synthèse naissant de cette solution textile va faire corps avec le porteur et lui permettra d'entretenir une relation de symbiose avec son environnement matériel et immatériel. Sur ce point, nous aimerions dire que cette relation est toutefois équilibrée et qu'elle n'enfreint en aucun cas tout ce qui caractérise l'humain dans sa nature. En effet, une telle solution technologiquement modifiée aurait eu un impact considérable tant sur le point de ses applications que sur le point de ses retombées tant économiques que sociales. Sur le plan des applications, une reconfiguration du rapport de l'homme à son vêtement aurait abouti à un changement d'approche et à une transformation des habitudes de l'individu par rapport à l'objet textile lui-même qui sera phagocyté par les applications qu'il offre. Le consommateur n'achètera plus un vêtement uniquement pour ce qu'il offre comme confort, mais surtout pour les services auquel il permet d'accéder. L'attrait pour telle ou telle autre marque ne sera plus seulement porté par le nom de celle-ci, mais sera plutôt encouragé par le nombre de partenariats exclusifs signés avec telle ou telle autre firme de téléphonies, de services ludiques, de services de soins, …

Clarifions un point essentiel de cette thèse que nous avons décidé de rédiger. Mode, design textile ne sont en aucun cas indissociables de l'avancée technologique et de son impact sur son temps. L'individu et la société en général sont dorénavant régis par le poids de plus en plus grandissant de la technologie. Tout ou presque se fait à partir de la connexion filaire ou par fibre optique. Toute nos vies sont emmagasinées dans des routeurs. Tout ceci pour dire que la mode doit prendre en considération et s'enrichir de cette manne qui est à portée de doigt. L'interaction qui se fera entre les avancées technologiques ayant impactées les recherches du e-textile auront pour résultat d'aboutir à un produit unique mettant en avant ce qui nous lie au monde virtuel de l'internet mais n'omettra pas de mettre en avant une recherche esthétique futuriste pour être en accord avec l'attirail technologique embarqué et fusionné dans le tissu lui-même.

Pourrions-nous ainsi prévoir à partir de cette analyse la disparition probable du vêtement dans sa conception usuelle ?

Dans sa forme, nous pensons que cela est peu probable. Ce qui revient à dire qu'un vêtement pourrait garder sa forme puisqu'elle est la plus adaptée à notre physionomie. Sur le plan fonctionnel, nous voyons que toute l'évolution se concentrera sur ce point. Les fonctions de base (réchauffer, couvrir, …) qui sont communes à tout vêtement ordinaire resteront

inchangées. Or, prenons ce même model et ajoutons-lui des fonctionnalités intelligentes augmentées. La différence ne se verra pas à l'œil nu, puisque le degré d'invisibilité et de discrétisation est tel que rien n'est apparent. Ce qui permettra de réaliser que les deux vêtements ne sont pas identiques ne peut être qu'un rapport empirique et expérimental de celle-ci. Se l'approprier donnera l'occasion de vivre l'expérience qu'elle offre. Tout au contraire de l'autre modèle, qui sur le plan esthétique et formel offre une ressemblance totale, mais est totalement aux antipodes quant aux fonctionnalités. Enfiler un tel modèle revient à s'habiller comme nous le faisons habituellement et d'une manière naturelle. Il n'est qu'un objet du quotidien. Il n'est qu'un objet usuel. Par contre la première offre ces mêmes caractéristiques en se donnant le luxe de porter tout un attirail de fonctionnalités intelligentes permettant d'accéder à une multitude inouïe de services dans le but d'améliorer la vie du porteur.

Le regard que portent l'un et l'autre à leurs environnements ne serait-il pas altéré par la présence ou l'absence de ces fonctionnalités ?

Certainement que oui. Nul doute qu'un attirail technologique invisible fera ressentir son détenteur qu'il a sur lui un objet e-textile augmenté lui permettant d'accéder à des fonctionnalités le distinguant ainsi de tous ceux et de toutes celles qui l'entourent. Cette vision ne peut s'arrêter à l'autre car l'environnement dans lequel évolue ce sujet sera lui aussi perçu différemment.

N'est-ce pas là la concrétisation de la fabrique augmentée de l'homme à la fabrication de l'homme augmenté ? Ne serait-ce pas là une nouvelle forme de distinction qui pourrait toucher la société ? N'était-ce pas le tissu et la noblesse des matériaux qui l'ont confectionné qui faisaient la noblesse ou non de son porteur ?

Nous sommes face à une dialectique qui va mener l'homme à devenir l'objet de sa propre création. Il pourrait se transformer en sujet et non en maître de son invention. En effet, toute la dangerosité d'une telle solution serait d'en devenir l'esclave. Ne risquons-nous pas de devenir les objets d'une technologie qui nous symbiotisera, nous phagocytera et nous fera vivre dans un espace désocialisé ? Ne sommes-nous pas en train de nous laisser porter vers une dystopie créée par notre propre soif d'intelligence artificielle toujours plus grande ? La créativité artificielle peut-elle supplanter ou suppléer l'intelligence humaine ?

Tout est dans cette frontière que nous ne devons franchir. C'est de ce Rubicon dont il est question. Notre propre jugement est mis au défi. La tentation humaine est encore mise à rude épreuve. Allons-nous savoir où se trouve la limite où tomber dans le piège de l'aliénation et de la dépendance sera notre ultime acte sacrificiel que nous laisserons à notre descendance. Gageons que l'intelligence humaine saura faire le bon choix !

Bibliographie

I- Ouvrages

Alcan, Michel. *Traité complet de la Filature du Coton*. Paris: Noblet & Baudry, 1865.

Alertz, Ulrich, Irit Batsry, Hans Belting and Siegfried Zielinski. *Variantology 4: on deep time relations of arts, sciences and technologies in the Arabic-Islamic World and beyond*. Köln: Buchhandlung Walther Konig GmbH & Co. KG. Abt. Verlag, 2010.

Assouly, Olivier, Christel Carlotti et Evelyn Chaballier. *Vingt ans de système de Mode*. Paris : IFM / REGARD, 2008.

Barthes, Roland. *Fragments d'un discours amoureux*. Paris : Seuil, 1977.

Barthes, Roland. *Système de la Mode*. Paris : Éditions de Seuil, 1967.

Baudot, François. *Mode du siècle*. Paris : Éditions Assouline, 1999.

Boole, George. *The mathematical analysis of logic: being an essay towards a calculus of deductive reasoning*. Cambridge Library Collection- Mathematics. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Bony, Anne. *Le design : histoire, principaux courants, grandes figures*. Paris : Larousse, 2013.

Bost, Florence et Guillermo Crosetto. *Textiles, Innovation et Matières Actives*. Paris : Eyrolles, 2014.

Bourdin, Aymeric. *Le numérique : locomotive de la 3ème révolution industrielle ?* Paris : Ellipses, 2013.

Bramel, Sophie, et Patricia Poiré. *Mode et tissus high-tech*. Paris : Éditions Falbalas, 2012.

Besse, Nathalie, Brigitte Riboreau, et Guy Némoz. *Textiles : techniques et fonctionnels : matériaux du XXIème siècle.* Saint-Etienne : IAC, 2009.

Chombarat de Lauwe, Marie-José, Philippe Bonnin, Marie Mayeur, Martyne Perrot, et Martin de La Soudière. *Enfant en jeu : Les pratiques des enfants durant leur temps libre en fonction des types d'environnement et des idéologies.* Paris: Éditions du CNRS, 1976.

Copeland, B. Jack. *Alan Turing's automatic computing engine: the master codebreaker's struggle to build the modern computer.* Oxford: Oxford University Press, 2005.

Couturier, Élisabeth. *Design contemporain: Le guide*. Paris : Flammarion, 2015.

David, Caroline, et Camille Beulgue. *Futuro textiles 3: surprising textiles, design and art.* Tourcoing: Stichting Kunstboek, 2012.

Deleuze, Gilles, et Félix Guattari. *L'anti-œdipe : capitalisme et schizophrénie*. Paris: Les Editions de Minuit, 1973.

Deren Guler, Sibel, Madeline Gannon, and Kate Sicchio. *Crafting wearables: blending technology with fashion.* Paris : Apress, 2016.

Desroches, Jocelyne. *La couture : au fil des jours : une expérience d'alphabétisation populaire*. Québec : La Marée des mots, 1998.

Dias, Tilak. *Electronically active textiles.* Basel: Mdpi AG, 2020.

Dias, Tilak. *Electronic textiles: smart fabrics and wearable technology.* Sawston: Woodhead Publishing, 2015.

Dias, Tilak, and Amila Sandaruwan Ratnayake. *Integration of micro-electronics with yarns for smart textiles. Electronic Textiles*. Sawston: Woodhead Publishing, 2015.

Dong, Xufeng. *Smart and functional soft materials*. London: IntechOpen, 2019.

Eberle, Hannelore, Hermann Hermeling, Marianne Hornberger, Dieter Menzer et Werner Ring. *Technologie du vêtement*. Montréal : Guérin, 1999.

Ehrlacher, Alain, Daniel Gronier, Patrice Hamelin, Marc J. Ledoux, Carole Leroux, Daniel Lincot, Jacques Méhu, Jean-Claude Bernier, Jean-Marc Michel, Guy Némoz, Valérie Pernelet-Joly, Dominique Plée, Daniel Quénard, Juliette Ruchmann, Johann Souvestre, et Jean-Paul Viguier. *La chimie et l'habitat.* Les Ulis : EDP Sciences, 2011.

Ellingson, Steven W. *Radio systems engineering*. Cambridge: Cambridge University Press, 2016.

Engels, Friedrich. *L'origine de la famille, de la propriété privée et de l'état*. Paris: A. Costes, 1946.

Erl, Thomas, Zaigham Mahmood, and Ricardo Puttini. *Cloud Computing. Concepts, Technology and Architecture.* Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, 2013.

Fauque, Claude, et E Poyet. *Autour du fil : L'encyclopédie des arts textiles*. Paris : Éditions FOGTDAL, 1993.

Fauque, Claude. *L'industrie des désirs, une histoire culturelle des étoffes*. Paris : IFM & REGARD, 2012.

Fayolle, Claire. *C'est quoi le design*. Paris : Autrement Jeunesse, 2008.

Ferrari, Florence. *Guide des textiles : savoir choisir, savoir utiliser.* Paris : ESMOD Éditions, 2010.

Fiell, Peter, et Charlotte Fiell. *Design de XX^{ème} siècle*. Paris : TASCHEN, 2011.

Fiell, Peter, et Charlotte Fiell. *Design handbook: concepts, matériaux, styles.* Cologne : TASCHEN, 2006.

Garcia, Adriana and Diana Wood Conroy. "A golden garment? Identifying new ways of looking at the past through a preliminary report of textile fragments from the Pafos 'Erotes' Sarcophagus" in Yeatman, H., *The Slnet 2010 eBook*. University of Wollongong: Slnet University of Wollongong, 2010: 36-46. https://ro.uow.edu.au/scipapers/1023.

Garrigues, Jean, Marie-Hélène Baylac. *Les objets racontent l'histoire.* Paris: Éditions du Club France Loisirs, 2001.

Gehrke, Inga, Vadim Tenner, Volker Lutz, David Schmelzeisen, and Thomas Gries. *Smart textiles production: Overview of Materials, Sensor and Production Technologies for Industrial Smart Textiles.* Basel, Switzerland: MDPI, 2019.

Geng, Hwauyi. *Internet of things and data analytics handbook.* Hoboken, NJ: Wiley, 2017.

Godart, Frédéric. *Sociologie de la Mode.* Paris : La Découverte, 2010.

Grau, François-Marie. *Histoire du costume*. Paris : Presse Universitaire de France, 1999.

Guillaume, Valérie, Benoît Hellbrunn, et Olivier Peyricot. *L'ABCdaire du design.* Paris : Flammarion, 1997.

Hallett, Clive, et Amanda Johnston. *Mode : Guide des textiles : les fibres naturelles*. Paris: Eyrolles, 2010.

Harris, Jennifer M. *Textiles 5,000 years: an international history and illustrated survey*. New York, NY : Harry N. Abrams, 1993.

Heudin, Jean-Claude. *Les créatures artificielles : des automates aux mondes virtuels*. Paris : Odile Jacob, 2008.

Information Resources Management Association. *Wearable Technologies : Concepts, methodologies, Tools. And Applications*. USA : IGI Global, 2018.

Institut Français de la Mode. *Vingt ans de système de Mode*. Paris : IFM / REGARD, 2008.

Jacob, François. *La logique du vivant, Une histoire de l'hérédité*. Paris : Tel Gallimard, 1976.

Jarrige, François. *Techno-critiques : Du refus des machines à la contestation des technosciences*. Paris : La Découverte, 2014.

Le Fustec, Madeleine. *Technologies des matières et industries textiles*. Paris : Eyrolles, 1984.

Lemoine-Luccioni, Eugénie, et André Courreges. *La robe : essai psychanalytique sur le vêtement.* Paris : Seuil, 1983.

Le Goff, Olivier. *L'invention du confort : Naissance d'une forme sociale*. Lyon : Presse Universitaire de Lyon, 1994.

Lehnert, Gertrud. *Histoire de la Mode au XXème siècle.* Potsdam : Hf Ullmann Éditions, 2000.

Le Quellec, Jean-Loïc. *Des artiens au Sahara : chroniques d'archéologie romantique*. Paris : Actes Sud, 2009.

Meyer, Jean-Claude *Le travail collaboratif des enseignants : pourquoi ? Comment*. Paris : esf, 2017.

Mossé, Aurélie. *L'intelligence meilleur atout de la filière textile.* Paris : Techniques de l'ingénieur, 2018.

Lilen, Henri. *Une brève histoire de l'électronique*. Paris : Vuibert, 2003.

Mackenzie, Marie. *Découvrir la Mode*. Paris: Eyrolles, 2010.

Mann, Steve, and Hal Niedzviecki. *Cyborg: digital destiny and human possibility in the age of the wearable computer.* Toronto, ON: Doubleday Canada, 2001.

Marvin, Carolyn. *When Old Technologies Were New: Thinking about Electric Communication in the Late Nineteenth Century*. Oxford : Oxford University Press, 1990.

Marx, Karl. *Contribution à la critique de l'économie politique.* Paris : Les éditions Sociales, 1859.

Médard, Fabienne. *L'art du tissage au néolithique : IVème-IIIème millénaires avant J.-C. en Suisse*. Paris : CNRS, 2010.

Mencé-Caster, Corinne. *Mythologies du vivre femme : Essai sur les postures et imposture féminines.* Aix-en-Provence : les Éditions Persée, 2017.

Mendes, Valérie, et Amy de La Haye. *La mode au XX^{ème} siècle*. Paris : Thames & Hudson, 2003.

Merleau-Ponty, Maurice. *Phénoménologie de la perception*. Paris : Gallimard, 1945.

Mondzain, Marie-José. *La Mode : Petite conférence*. Paris : Bayard, 2009.

Monneyron, Frédéric. *La Frivolité Essentielle : Du vêtement et de la Mode*. Paris : PUF, 2008.

Morris, William. *L'art et l'artisanat*. Paris : Rivages Poche, 2011.

Mugnier, Patrice, et Kuei Yu Ho. *Design interactif*. Paris : Eyrolles, 2012.

Musée de l'Impression sur étoffes de Mulhouse. *Histoire singulière de l'impression textile*. Paris : ÉDISUD, 2000.

Myers, David G. *Psychologie.* Paris : Médecine-Sciences Flammarion, 1997.

Naber, Therese. *How the Computer Changed History.* Boston, MA : Essential Library, 2015.

Neyrink, Jacques. *Le huitième jour de la création, introduction à l'anthropologie*. Lausanne: Presses Polytechniques Romandes, 1986.

Norman, Donald A. *The invisible computer: why good products can fail, the personal computer is so complex, and information appliances are the solution*. London: MIT Press, 1999.

Oestmann, Günther. *"The Origins and Diffusion of Watches in the Renaissance*." In: Torriani, Janello "A Renaissance Genius." *Catalogue of the Exhibition in the Museo del Violino*. (Cremona: Zanetti, Cristiano (ed.), Sept. 10th, 2016–Jan. 29th, 2017): 141–143.

O'regan, Gerard. *World of computing: a primer companion for the digital age*. New York: Springer, 2018.
O'Sullivan, Dan, and Tom Igoe. *Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers*. Boston : Thomson, 2004.

Paret, Dominique, et Pierre Cregot. *Werables, textiles et vêtements intelligents.* Londres : ISTE Group, 2019.

Passeron, René. *Pour une philosophie de la création*. Paris : Klincksieck Esthétique, 2000.

Pavitt, Jane. *Fear and Fashion in the Cold War.* London: V&A Publishing, 2008.

Peddie, John. *Augmented Reality: Where We Will All Live*. New York: Springer, 2017.

Philips Design (Firm), David Eves, ja Stefano Marzano. *New Nomads: An Exploration of Wearable Electronics by Philips.* Rotterdam, Netherlands: 010 Publishers, 2000.

Piponnier, Françoise, et Perrine Mane. *Se vêtir au Moyen-Âge*. Paris : Biro, 1995.

Prayez, Pascal, et Joël Savatofski. *Le toucher apprivoisé.* Rueil-Malmaison : Edition LAMARRE, 2002.

Rostand, Jean. *L'homme, Introduction à l'étude de la biologie humaine.* Paris: Gallimard, 1943.

Saffer, Dan. *Designing for Interaction: Creating Smart Applications and Clever Devices.* Berkeley, CA : New Riders, 2007.

Scibetta, Frédéric, Yvon Moysan, Eric Dosquet, et Frédéric Dosquet. *L'internet des objets et la data : l'intelligence artificielle comme rupture stratégique.* Malakoff : Dunod, 2018.

Seeling, Charlotte. *La mode : au siècle des créateurs, 1900-1999.* Cologne: Könemann, 2000.

Seymour, Sabine. *Fashionable Technology: The Intersection of Design, Fashion, Science, and Technology.* Vienne: Springer Wien New York, 2008.

Shishoo, Roshan. *Textiles in Sport.* Sawston: Woodhead Publishing Series in Textiles, 2005.

Smith, Paul. *Body Covering*. New York, NY: Museum of Contemporary Crafts, 1968.

Souriau, Étienne. *La correspondance des Arts : Éléments d'esthétique comparée*. Paris: Flammarion, 1969.

Tao, Xiaoming. *Handbook of Smart Textiles*. Singapore: Springer, 2015.

Tao, Xiaoming. *Wearable electronics and photonics*. Sawston: Woodhead Publishing, 2005.

Thorp, Edward.O. *Beat the Dealer: A Winning Strategy for the Game of Twenty-One*. USA: Vintage, 1966.

Tricart, Celine. *Virtual reality Filmmaking: techniques & best practices for VR Filmmakers*. New York, NY : Routledge, 2017.

Udale, Jenny. *Textile et Mode* : *Les essentiels stylisme.* Paris: PYRAMID, 2009.

Van Langenhove, Lieva. *Smart textiles: Past, present, and future*. In: Handbook of Smart Textiles. Singapore: Springer, 2015:1035-1058.

Vermesan, Ovidiu, and Peter Friess. *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems.* Gistrup, Denmark : River Publishers, 2013.

Vial, Stéphane. *L'être et l'écran : comment le numérique change la perception.* Paris : PUF, 2013.

Waquet, Dominique, et Marion Laporte. *La Mode.* Paris : PUF, 1999.

Weber, Etienne. *Vêtements, apparences et travail Social*. Marseille : IRTS Paca Corse, 2004.

Weidmann, Daniel. *Technologies des textiles : de la fibre à l'article 2e éd.* Paris: Dunod, 2012.

W. Thackeray, Frank, and John E. Findling. *Events that changed Great Britain since 1689*. London : Greenwood Publishing Group, 2002.

II. Revues Spécialisées et Journaux Scientifiques

Adovasio, James. M, Olga Soffer, et Bohuslav Klima. "Upper Palaeolithic fibre technology: interlaced woven finds from Pavlov I, Czech Republic, c. 26,000 years ago." *Antiquity* Vol. 70, no. 269 (September 1996): 526. https://doi.org/10.1017/s0003598x0008368x.

Alderman, Léonard. "Molecular Computation of Solutions to Combinatorial Problems." *Science* Vol. 266, no. 5187 (November, 11, 1994): 1021-1024.

Amft, Oliver, and Paul Lukowicz. "From Backpacks to Smartphones: Past, Present, and Future of Wearable Computers." In *IEEE Pervasive Computing* Vol. 8, no. 3 (2009): 8-13. https://doi.org/10.1109/MPRV.2009.44.

Begriche, A., and D. Lachapelle. "Intelligent textiles for protection – Overview of Technologies." In Proceedings of the *Soldier Systems Technology Roadmap – Soldier survivability / sustainability / mobility Workshop* 5 Vol. 1 (Ottawa, ON, Canada, 2010).

Bellingham, Alyssa, Nicholas Bromhead, and Adam Fontecchio. "Rapid Prototyping of Slot Die Devices for Roll-to-Roll Production of EL Fibers." *Materials* Vol. 10, no. 6 (2017) : 594. https://doi.org/10.3390/ma10060594.

Bourdieu, Pierre. " Le marché des biens symboliques." *L'Année Sociologique (1940/1948)* Vol 22 (1971) : 49–126. http://www.jstor.org/stable/27887912

Bridgman, Todd, Stephen Cummings, et John Ballard. "Who Built Maslow's Pyramid? A History of the Creation of Management Studies' Most Famous Symbol and Its Implications for Management Education." *Academy of Management Learning & Education* 18, no. 1 (mars 2019): 81–98. https://doi.org/10.5465/amle.2017.0351.

Burgelin, Olivier. "Barthes et le vêtement." *Communications* Vol. 63 (1996) : 81-100. Parcours de Barthes.

Di Rienzo, Marco, Paolo Meriggi, Francesco Rizzo, Paolo Castiglioni, Carolina Lombardi, Maurizio Ferratini, and Gianfranco Parati. "Textile Technology for the Vital Signs Monitoring in Telemedicine and Extreme Environments." *IEEE Trans Inf Technol Biomed*, Vol. 14, no. 3 (2010): 711–717. https://doi.org/10.1109/TITB.2010.2048921.

Drath, Rainer, and Alexander Horch. "Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum]." In *IEEE Industrial Electronics Magazine* Vol. 8, no. 2 (June 2014): 56-58. https://doi.org/10.1109/MIE.2014.2312079.

Emerson, Toni. "Mastering the art of VR: on becoming the HIT Lab cybrarian Electron." *The Electronic Library* Vol. 11, no. 6 (1993), 385-39. https://doi.org/10.1108/eb045261.

Fernández-Caramés, Tiago M., and Paula Fraga-Lamas. "Towards the Internet of Smart Clothing: A Review on IoT Wearables and Garments for Creating Intelligent Connected E-Textiles." *Electronics* 7, no.12 (2018): 405. https://doi.org/10.3390/electronics7120405.

Fleming, John Ambrose." Instrument for converting alternating electric currents into continuous currents. " *United States Patent Office* (1905): 684-803.

Frydrysiak, Michał, and Łukasz Tęsiorowski. "Wearable Care System for Elderly People." *International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences* Vol. 5, no. 3 (2016): 171-177. https://doi.org/10.18178/ijpmbs.5.3.171-177.

Gonçalves, Carlos, Alexandre Ferreira da Silva, João Gomes, and Ricardo Simoes. " Wearable E-Textile Technologies: A Review on Sensors, Actuators and Control Elements." *Inventions* 3, no.1 (2018):14. https://doi.org/10.3390/inventions3010014.

Gopalsamy, C., Sungmee Park, Rangaswamy Rajamanickam, and Sundaresan Jayaraman. "The Wearable Motherboard™: The first generation of adaptive and responsive textile structures (ARTS) for medical applications." *Virtual Reality Vol.* 4 (Springer-Verlag London Ltd 1999): 152-168. https://doi.org/10.1007/BF01418152.

Hemmer, F. "L'Évolution de l'électronique moderne." *Bulletin De La Société Fribourgeoise Des Sciences Naturelles* Vol. 63, fasc.1 (1974) : 58.

He, Tianyiyi, Qiongfeng Shi, Hao Wang, Feng Wen, Tao Chen, Tao Chen, Jianyong Ouyang, and Chengkuo Lee. "Beyond Energy Harvesting - Multi-functional Triboelectric Nanosensors on a Textile." *Nano Energy* 57, (2019): 338-352. https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.12.032.

Heilig, Morton L. "Sensorama simulator." *United States Patent Office* No. 81,864 (1962): https://www.freepatentsonline.com/3050870.html.

Heinemann, Otto. "Electrically-Heated Boot." *United States Patent Office* 1,761, 829 (Brooklyn, N.Y. 3 June 1930) https://patents.google.com/patent/US1761829.

Heinsen, Edward A., Andre F. Marion et Thomas E. Osborne. "Interactive wristwatch calculator." *US patent US4158285A*. June 19th, 1979. https://patents.google.com/patent/US4158285A/en.

Ho Kang, Byeong. "Ubiquitous Computing Environment Threats and Defensive Measures.", *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*. 2. (2011):48.

Hughes-Riley, Theodore, Tilak Dias, and Colin Cork." A Historical Review of the Development of Electronic Textiles." *Fibers* Vol. 6, no. 2 (2018): 34. https://doi.org/10.3390/fib6020034.

Igoe, Elaine. "The tacit-turn: textile design in design research." *Duck Journal for Research in Textiles and Textile Design* Vol. 1 (2010): 1-11. https://pure.port.ac.uk/ws/portalfiles/portal/62316/1._The_Tacit-Turn_-_Elaine_Igoe.pdf.
Joule, James Prescott. "On the production of heat by voltaic electricity." *Proceedings of The Royal Society of London* Vol. 4 (1843): 280-282. https://doi.org/10.1098/rspl.1837.0140.

Kim, Jee-Hee. "A Study on the Characteristics of Modern Fashion Design for Digital Nomadic Culture." *Fashion & Textile Research Journal* Vol.9, No.1 (2007): 6-14.

Köhler, Andreas R., Lorenz M. Hilty, and Conny Bakker. "Prospective Impacts of Electronic Textiles on Recycling and Disposal." *Journal of Industrial Ecology,* Vol. 15, no. 4 (2011): 496-511. https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00358.x.

Labrune, Jean-Baptiste. " Textile électronique : Retour sur dix années d'expérimentation." *Techniques & Culture : Revue semestrielle des d'anthropologie des techniques* 67 (2017) : 134-149. https://doi.org/10.4000/tc.8479.

" La folie créatrice du design prospectif. " *Magazine L'Usine Nouvelle* no. 3123 (2008) : 22. https://www.usinenouvelle.com/article/l-usine-nouvelle-du-13-au-19-novembre-2008-n-3123.N26951

Lamming, Mike, and Mike Flynn. “Forget-me-Not: Intimate Computing in Support of Human Memory.” In: *the Proceedings of FRIEND21, '94 International Symposium on Next*

Generation Human Interface Vol. 4 (1994). https://www.ee.columbia.edu/~dpwe/papers/LamF94-forgetmenot.pdf.

Lee, Josephine B., and Vivek Subramanian. "Weave patterned organic transistors on fiber for E-textiles." *IEEE Transactions on Electron Devices* vol. 52 (2005) : 269-275. https://doi.org/10.1109/TED.2004.841331.

Legrenzi, Christophe. "Informatique, Numérique et Système d'Information : Définitions, Périmètres, Enjeux Économiques." *Vie et sciences de l'entreprise* 2 no. 200 (Février 2015) : 49-76. https://www.cairn.info/revue-vie-et-sciences-de-l-entreprise-2015-2-page-49.htm.
"Les secrets de sa Technique." *Revue Beaux-Arts magazine*, hors-série 15, Numéro spécial (2001).

Lewis, Peta. "William Lee's Stocking Frame: Technical Evolution and Economic Viability 1589–1750." *Textile History* Vol. 17, no.2 (1986): 129-147.10.1179/004049686793700890.

Link, David. "Scrambling T-R-U-T-H: Rotating Letters as a Material Form of Thought" In *Variantology* 5 (19 February 2010): 1-52. http://www.alpha60.de/research/scrambling_truth/DavidLink_ScramblingTruth2010_100dpi.pdf

Loke, Gabriel, Juliette Alain, Wei Yan, Tural Khudiyev, Grace Noel, Rodger Yuan, Anais Missakian, and Yoel Fink. "Computing Fabrics" *Matter* Vol. 2, no.4 (2020): 786-788. https://doi.org/10.1016/j.matt.2020.03.007.

Luczak, Tony, Reuben Burch, Edwin Lewis, Harish Chander, and John Ball. "State-of-the-art review of athletic wearable technology: What 113 strength and conditioning coaches and athletic trainers from the USA said about technology in sports." *International Journal of Sports Science & Coaching* Vol.15 No.1 (2019): 26 – 40. https://doi.org/10.1177/1747954119885244.

Lu, Yang. "Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues." *Journal of Industrial Information Integration* Vol. 6 (2017): 1-10. https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005.

Mann, Steve. "Mediated Reality." *Linux Journal* Vol. 1999, no. 59es (1999): 5. https://dl.acm.org/doi/10.5555/327697.327702.

Mann, Steve. "Wearable Computing: A First Step Toward Personal Imaging." *IEEE Computer* vol. 30 no. 2 (1997): 25-32. http://comuter/org/pubs/computer/1997/0297toc.htm.

Médard, Fabienne. "L'acquisition des matières textiles d'origine végétale en préhistoire." *Les Nouvelles de l'archéologie*, no. 114 (décembre 2008) : 3. https://doi.org/10.4000/nda.602.

Mondal, Kunal. "Recent Advances in Soft E-Textiles." *Inventions* 3, no. 2 (2018): 23. https://doi.org/10.3390/inventions3020023.

Morin, Edgar. "Sur l'interdisciplinarité." *Bulletin Interactif du CIRET : Centre International de Recherches et Études Transdisciplinaires* no.2 (Juin 2016).

http://ciret-transdisciplinarity.org/bulletin/b2c2.php.

Nashed, Mohamad-Nour, Dorothy Anne Hardy, Theodore Hughes-Riley, and Tilak Dias. " A Novel Method for Embedding Semiconductor Dies within Textile Yarn to Create Electronic Textiles" *Fibers* Vol. 7, no.2 (2019): 12. https://doi.org/10.3390/fib7020012.

Ometov, Aleksandr, Viktoriia Shubina, Lucie Klus, Justyna Skibińska, Salwa Saafi, Pavel Pascacio, Laura Flueratoru, Darwin Quezada Gaibor, Nadezhda Chukhno, Olga Chukhno, Asad Ali, Asma Channa, Ekaterina Svertoka, Waleed Bin Qaim, Raúl Casanova-Marqués, Sylvia Holcer, Joaquín Torres-Sospedra, Sven Casteleyn, Giuseppe Ruggeri, Giuseppe Araniti, Radim Burget, Jiri Hosek, and Elena Simona Lohan. "A Survey on Wearable Technology: History, State-of-the-Art and Current Challenges." *Computer Networks* Vol 193 (2021): 1389-1286. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108074.

Patel, Keyur K., and Sunil M. Patel. "Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges." *International Journal of Engineering Science and Computing* Vol. 6, no. 5 (2016): 6122-6131. https://doi/10.4010/2016.1482.

Popat, Kalpesh A. and Priyanka Sharma. "Wearable Computer Applications: A Future Perspective." *International Journal of Engineering and Innovative Technology* Vol. 3 n°1 (2013): 213-217.

Post, Ernest Rehmi, Maggie Orth, Peter R. Russo, and Neil Gershenfeld. "E-broidery: Design and fabrication of textile-based computing." *IBM Systems Journal* 39 (2000): 840-860. https://doi.org/10.1147/sj.393.0840.

Riordan, Michael, and Lillian Hoddeson. "Crystal fire: the invention, development and impact of the transistor." *IEEE Solid-State Circuits Society Newsletter* Vol. 12 (2007): 24-29. https://doi.org/10.1109/N-SSC.2007.4785574.

River Argus, Gray. "Electric Girls." *The New York Time* Vol. XXXI, no. 5032. (8 November 1884): 1. https://paperspast.natlib.govt.nz/newspapers/GRA18841108.2.16.12.

Shull, Peter B., and Dana D. Damian. "Haptic wearables as sensory replacement, sensory augmentation and trainer—a review." *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, Vol. 12, no. 59 (2015): 1-13. https://doi.org/10.1186/s12984-015-0055-z.

Starner, Thad, Steven Mann et al., "Augmented Reality Through Wearable Computing." *Presence Teleoperators and Virtual Environments* Vol. 6, no. 4 (MIT Press, Cam- bridge, MA, 1997): 386–398.

Stoppa, Matteo, and Alessandro Chiolerio." Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review." *Sensors Vol.* 14, no. 7 (2014): 11957 – 11992. https://doi.org/10. 3390/s140711957.

Sutherland, Ivan E. "The Ultimate Display." Proceedings of *IFIP congress* Vol. 65 (New York, NY, 24–29 May 1965): 506–508.

Ticknor, Bobbie, and Sherry Tillinghast. "Virtual Reality and the Criminal Justice System: New Possibilities for Research, Training, and Rehabilitation." *Journal of Virtual Worlds Research* Vol.4, no.2 (2011): 44. 10.4101/jvwr.v4i2.2071.
Tseghai, Granch Berhe, Benny Malengier, Kinde Anlay Fante, Abreha Bayrau Nigusse, and Lieva Van Langenhove. "Integration of Conductive Materials with Textile Structures, an Overview." *Sensors* Vol. 20, no.23 (Basel, Switzerland, 2020): 6910. https://doi.org/10.3390/s20236910.

Turing, Alan M. "Computing machinery and intelligence." *Mind* Volume LIX, no. 236 (October 1950): 433–460. https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433.

Viswanathan, Sorna Mugi. " E-Textile and its Applications." *International Journal of Engineering Science and Computing* Vol. 9, no. 3 (2019): 20174-20176. https://doi.org/10.1002/adma.200990013.PMID.

Want, Roy, Andy Hopper, Veronica Falcao et Jonathan Gibbons." The active badge location system." *ACM Trans. Inf. Syst*. Vol 10, no.1 (1992): 91-102. https://doi.org/10.1145/128756.128759.

Warshaw, Leon J. "L'industrie textile : histoire, sécurité et santé." *Encyclopédie de sécurité et de santé au travail*. *Bureau international du travail*. 3ème édition française partie XIV, Chapitre 89. http://ilocis.org/fr/documents/ilo089.htm.

Weiser, Marc, Rich Gold, and John Seely Brown. "The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s." *IBM Systems Journal* Vol. 38, no. 4 (1991): 693-696. https://doi.org/ 10.1147/sj.384.0693.

Weiser, Mark. "The computer for the 21st Century; Specialized elements of hardware and software, connected by wires, radio waves and infrared, will be so ubiquitous that no one will notice their presence." *Scientific American Journal* 265 (September1991): 94-104. http://dx.doi.org/10.1038/scientificamerican0991-94.

Wright, Robin, and Latrina Keith. "Wearable Technology: If the Tech Fits, Wear It." *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries* 11 (2014): 204 – 216. https://doi.org/10.1080/15424065.2014.969051.

Wu, Jennifer Xiaopei, and Li Li. "An introduction to wearable technology and smart textiles and apparel: Terminology, statistics, evolution, and challenges." Smart and Functional Soft Materials. *IntechOpen* (2019).

Zeng, Yan, and Yuehong Yin. "Virtual and Physical Systems Intra-Referenced Modelling for Smart Factory." *Procedia CIRP* Vol. 63 (2017): 378-383. https://doi.org/10.1016/j. procir.2017.03.105.

III. Colloques et Conférences

Berzowska, Joanna, and Marcelo Coelho. " Kukkia and Vilkas: kinetic electronic garments." In Proceedings of the *Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC '05). IEEE Computer Society* (USA, 2005) : 82-85. https://doi.org/10.1109.ISWC.2005.29.

Beugnier, Valérie and Philippe Crombé. " Plant Processing from a Prehistoric and Ethnographic Perspective / Préhistoire et ethnographie du travail des plantes." Proceedings of a *workshop at Ghent University* (Belgium, November 28, 2006). Oxford: BAR Publishing, 2007.

Buechley, Leah. "A Construction Kit for Electronic Textiles." *10th IEEE International Symposium on Wearable Computers* (2006): 83-90.

Buechley, Leah, Michael Eisenberg, Jaime Catchen, and Ali Crockett. "The LilyPad Arduino: using computational textiles to investigate engagement, aesthetics, and diversity in computer science education." *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '08). Association for Computing Machinery* (New York, NY, USA 2008): 423-432. https://doi.org/10.1145/1357054.1357123.

Caudell, Thomas P., and David Mizell. "Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. " Proceedings of the *Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences* (Kauai, HI, USA, 7–10 January 1992). https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317.

Dorothy, Hardy, Loannis Anastasopoulos, M-Nour Nashed, Carlos Oliveira, Theodore Hughes-Reiley, Abiodun Komolafe, John Tudor, Russel Torah, Steve Beeby and Tilak Dias. "An automated process for inclusion of package dies and circuitry within a textile yarn." *Symposium on Design, Test, Integration & Packaging of MEMS and MOEMS (DTIP)* (Rome, Italy 2018): 1-5. https://doi.org/10.1109/DTIP.2018.8394189.

D'udekem-Gevers, Marie. "La Machine analytique de Charles Babbage, jalon fondamental de l'histoire des automates à calculer." Actes du colloque *L'automate. Enjeux culturels, historiques et techniques* septembre 2012 (Suisse : Université de Neufchâtel, 2014).

Farringdon, Jonny, Andrew J. Moore, Nancy Tilbury, James Church, and Pieter D. Biemond. " Wearable sensor badge and sensor jacket for context awareness." In *Wearable Computers. Digest of Papers. The Third International Symposium on Wearable Computers on. IEEE* (1999): 107-113.

Ferreira, Andre G., D. Fernandes, Sérgio Branco, J.Monteiro, J.Cabral, A.Catarino, and A. Rocha. "A smart wearable system for sudden infant death syndrome monitoring." *IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)* (Taipei, Taiwan, 14–17 March 2016): 1920-1925. https://doi/org/10.1109/ICIT.2016.7475060.

Hahn, Robert, and Herbert Reichl. "Batteries and power supplies for wearable and ubiquitous computing." *Third International Symposium on Wearable Computers* (1999) : 168-169.

Khamis, Ahmed, Dawid Zydek, Grzegorz Borowik, and Desineni Subbaram Naidu. "Control System Design Based on Modern Embedded Systems." In *Moreno-Diaz, R. et al. (Eds.)*. "Computer Aided Systems Theory EUROCAST 2013".*14th International Conference Las Palmas de Gran Canaria, Spain, February 2013*. Revised Selected *Pa*per, *Part II, LNCS 8112*. (Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2013): 491-498. https://doi.org/10.1007/978-3-642-53862-9_62.

Liang, Zilu and Takuichi Nishimura. "Are wearable EEG devices more accurate than fitness wristbands for home sleep Tracking? Comparison of consumer sleep trackers with clinical devices." Proceedings of the *2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)* (Nagoya, Japan, 24–27 October 2017): 1–5.

Lymberis, Andreas, and Rita Paradiso. "Smart fabrics and interactive textile enabling wearable personal applications: R&D state of the art and future challenges." Conference proceedings in the *30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medecine and Biology Society* (2008): 5270-5273. http://doi.org/10.1109/IEMBS.2008.4650403.

Mann, Steve. "An historical account of the 'WearComp' and 'WearCam' inventions developed for applications in 'personal imaging. " *First International Symposium on Wearable Computers. IEEE Comput*. (1997): 66-73. https://doi.org/Soc.10.1109/ISWC. 1997.629921.

Mann, Steve, James Fung, Chris Aimone, Anurag Sehgal, and Daniel Chen. "Designing Eye Tap Digital Eyeglasses for Continuous Lifelong Capture and Sharing of Personal Experiences." Paper presented at *the Conference on Human Factors in Computing Systems*. (Portland, Oregon 2005).
http://americasbesteyeglasses.org/goto/http://eyetap.org/papers/docs/Eyetap. Pdf.

Mann, Steve. "Smart clothing: wearable multimedia computing and "personal imaging" to restore the technological balance between people and their environments." *In Proceedings of the fourth ACM international conference on Multimedia (Multimedia '96). Association for Computing Machinery* (New York, NY, USA 1997): 163-174. https://doi.org/10.1145/244130.244184.

Martial, Emmanuelle and Fabienne Médard. "*Acquisition et traitement des matières textiles d'origine végétale en Préhistoire. L'exemple du lin*". In : Beugnier, V. and P. Crombé (Eds). "Plant Processing from a Prehistoric and Ethnographic Perspective/ Préhistoire et ethnographie du travail des plantes." Proceedings of a *workshop at Ghent University* (Belgium) November 28, 2006. (Oxford: John & Erica Hedges Ltd, 2007): 67-82. (British Archaeological Report, International Series1718).

Marvin, Carolyn. " Dazzling the Multitude: Imagining the Electric Light as a Communications Medium." In *J. Corn, (Ed.), Imaging Tomorrow: History, Technology, and the American Future* (Cambridge: M.I.T. Press, 1987): 202-217. http://repository.upenn.edu/asc_papers/192.

Park, Sungmee, Kenneth Mackenzie, and Sundaresan Jayaraman." The wearable motherboard: a framework for personalized mobile information processing (PMIP)." Proceedings of the *Design Automation Conference* (IEEE Cat. No.02CH37324) (2002): 170-174.https://doi.org/10.1109/DAC.2002.1012614.

Perotti-Reille, Clarisse. "Le Textile Habillement, " Colloque : La filière Textile-Habillement : La volonté de remporter la nouvelle révolution industrielle (Paris, 27 mai 2008).

Post, Ernest Rehmi, and Margaret Orth. "Smart Fabric, or Washable Computing. " Proceedings of *the first IEEE International Symposium on Wearable Computers* (Camabridge, Massachusetts, USA, 13-14 October 1997).

Rathnayake, Anura and Tilak Dias. "Yarns with embedded electronics." *Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers* (2015). https://www.semanticscholar.org/paper/Yarns-with-embedded-electronics-Rathnayake-Dias/c4ba2f0ea921c4c8a05c5d1d911b337c978319ff.

Schmitz, Björn, C. Hofmann, R. Maestre, A. L. Bleda, A. Tobola, V. Melcher, and J. Van Gent. "Continuous Vital Monitoring and Automated Alert Message Generation for Motorbike Riders." Proceedings of the *Computing in Cardiology Conference (CinC)* (Nice, 6–9 September 2015): 397–400. https://doi.org/10.1109/CIC.2015.7408670.

Thorp, Edward. O." The invention of the first wearable computer." in Proceedings of the *Second International Symposium on Wearable Computers. IEEE Coputer society* (Pittsburgh, Pennsylvania, USA 1998): 4–8. https://doi.org/10.1109/ISWC.1998.729523.

Vernay, Coline. "Fashion Tech : gadget ou tendance de fond ?" Séminaire GeMode sur la FashionTech. (LISAA Mode Paris, 28 mars 2017). https://www.lisaa.com/fr/actualite-ecole-art-applique/seminaire-gemode-sur-la-fashiontech.

Zhang, Ning, and Hong Bao. "Wireless Network Technology and its Applications." International Conference on Networks Security. Wireless Communications and Trusted Computing, NSWCTC (Wuhan, China 2009): 635-638. https://doi.org/10.1109/ NSWCTC.2009.255.

Zhou, Bo, Mathias Sundholm, Jingyuan Cheng, Heber Cruz and Paul Lukowicz. "Never Skip Leg Day: A Novel Wearable Approach to Monitoring Gym Leg Exercises. " Proceedings of the *IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom*) (Sydney, NSW, Australia, March 2016), 1–9.
https://doi.org/ 10.1109/PERCOM.2016.7456520.

IV. Dictionnaires et Encyclopédies

Bailly, Anatole. *Centre National de Ressources textuelles et lexicales*. CNRTL. https://www.cnrtl.fr/etymologie

Collectif. Le Nouveau Littré, Le dictionnaire de référence de la langue française. Paris : Édition Garnier, 2005.

Debray, Régis, et Patrice Hugues. *Dictionnaire culturel du tissu*. Paris : Babylone / Fayard, 2005.

Foulquié, Paul, et Raymond Saint-Jean. *Dictionnaire de la langue philosophique.* Paris : Presse Universitaire de France, 1969.
Robert, Paul, Josette Rey-Debove et Alain Rey. *Le Nouveau Petit Robert, dictionnaire alphabétique et analogique de la langue Française.* Paris : S.N.L, 2009.

V. Reportages et documentaires

Gaignard, Mériadec. "015 Tisser le plaid thérapeutique du futur - Nancy et Lou-Anne Boehm fondatrices de Studio Twins". Healthtech in progress. Vidéo en ligne. YouTube, 10 :50, 25 juillet 2021, https://www.youtube.com/watch?v=Ty3zrkjjtWE. (Consulté le 14 Mai 2022)

Ensci les Ateliers. "Tissus Actifs - Ensci Design Textile." Vidéo en ligne. Dailymotion, 04:02, juillet 2016, https://www.dailymotion.com/video/xo7oq5. (Consulté le 25 Mai 2017)

BioSerenity France. "BioSerenity Introduction : Smart healthcare solutions." Vidéo en ligne. Youtube, 01 :53, 23 février 2022, https://www.youtube.com/watch?v=83Zc5T_NmAk. (Consulté le 17 Avril 2022)

Hobson, Benedict. "With smart textiles we can "download new colours or patterns" to our clothes. " Video reportage en ligne avec Francesca Rosella Cute Circuit co-fondatrice. Dezeen and mini Frontieres, 03:15, 29 august 2014, https://www.dezeen.com/2014/08/29/movie-francesca-rosella-cutecircuit-digital-fashion-smart-textiles/. (Consulté le 23 Mai 2022)

Scotton, Michel. "Quels textiles pour nos vêtements de demain ? ". La 280ème conférence de l'Université de tous les savoirs. Vidéo en ligne. Canal-U, 01 :12 :54, 6 octobre 2000, https://www.canal-u.tv/chaines/utls/materiaux-en-tous-genres-l-ancien-et-le-nouveau/quels-textiles-pour-nos-vetements-de. (Consulté le 13 Mars 2022)

Aldbert, Pierre. "Des textiles préhistoriques aux textiles intelligents ou 10000 ans d'histoire de l'homme habillé." Chronique écrite et présentée par le directeur de la recherche au CNRS. Vidéo en ligne. RFC, 103.7, les 5 nov., 3 et 17 déc. 2008, http://cermav.grenoble.cnrs.fr/wp-content/uploads/2018/04/textiles-intelligents.pdf. (Consulté le 03 mai 2018)

VI. Thèses

a. Thèses de doctorat

Ballie, Jennifer. "e-Co-Textile design: How can textile design and making, combined with social media tools, achieve a more sustainable fast fashion future?" PhD thesis, University of the Arts London, UK, 2014. https://ualresearchonline.arts.ac.uk/id/eprint/7789/1/Ballie-PhD-thesis-2013.pdf.

Cochrane, Cédric. " Textiles Intelligents – Approche Système. " Habilitation à Diriger des Recherches, École Doctorale Sciences pour l'Ingénieur de l'Université de Lille, 30 novembre 2018. https://lilloa.univ-lille.fr/bitstream/handle/20.500.12210/18841/HDR_Cochrane_Cedric.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Fichaux, Etienne. "Le design comme dispositif communicationnel entre l'art et l'industrie." Thèse en science de l'information et de la communication, Art et histoire de l'art, Université Rennes 2, 2012. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00663323/document.

Igoe, Elaine. “In Textasis: Matrixial Narratives of Textile Design.” PhD diss., Royal College of Art, London, UK, 2013.

b. Mémoires de Master

Andonovska, Marija. "E-textiles: The intersection of computation and traditional textiles, Interactive Sample Book." Master Thesis Medialogy, Aalborg University Copenhagen, 2009. https://projekter.aau.dk/projekter/files/17689237/E-Textiles_MA.pdf.
Lenoir Laborderie, Dominique. "Modes vestimentaires chez les adolescents : construction de l'identité et du lien social." Magistère de science sociales appliquées à l'interculturel dans les organisations, la consommation et l'environnement, Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Université Paris-Descartes – Paris V, 2008. https://wikimemoires.net/2012/05/modes-vestimentaires-chez-les-adolescents/.

Meoli, Dina. "Interactive Electronic Textiles : Technologies, Applications, Opportunities, and Market Potential." Mémoire de M.A., North Carolina State University, 2002.

Michud, Anne, et Balndine Giustini, " les fibres cellulosiques à usage textile." Mémoire, Cellule de veille technologique de Grenoble INP-Pagora, École internationale du papier, de la communication imprimée et des biomatériaux, Mai 2009.

Peltola, Olli. " Introduction to Wearable Healthcare Technology." Mémoire de B. Sc., Université de Jyväskylä, 2017. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28570.90564.

Yoon, Hyegeun. "Vêtement communicant." Mastère spécialisé Création et Technologie Contemporaine, ENSCI les ateliers, 2010-2011. https://formation-continue.ensci.com/fileadmin/content_uploads/formation_continue/memoires_diplomes/CTC/2011/hye-geun.yoon/etude_Hye-geun_Yoon.pdf.

VII. Rapports en ligne

Cabinet « développement et Conseil ». *Étude sur Les textiles techniques : État des lieux des forces et faiblesse françaises et positionnement des acteurs français dans la concurrence internationale des textiles techniques.* Pour le compte de la Direction Générale des Entreprises (DGE), Ministère de l’Économie, des Finances et de l’Industrie, 2005 : 1-70. https://www.entreprises.gouv.fr/files/directions_services/secteursprofessionnels/etudes/textrap2.pdf.

Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper. Cisco, 2019: 1-35. https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-738429.html.

Collectifs. *Dossier pédagogique, Textiles d'hier, d'aujourd'hui et de demain.* Lyon : Université de Lyon - CCSTI du Rhône, 2009 :1-86. https://www.soierie-vivante.asso.fr/PDF/fildhier.pdf.

Collectif. *L’intelligence meilleur autour de la filière textile.* Paris : Technique de l’ingénieur, Février 2018 : 1-20.
https://www.leslivresblancs.fr/livre/filieres-specialisees/industrie/lintelligence-meilleur-atout-de-la-filiere-textile.

De Beaune, Sophie A. *La technologie des hommes préhistoriques.* Dossiers d'Archéologie, 2004, 296 : 26-36. ffhalshs-00722386f.

Evans, Dave. *Livre blanc : L'internet des objets : comment l'évolution actuelle d'internet transforme-t-elle le monde ?*. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), Avril 2011:1-13, http://www.audentia-gestion.fr/cisco/internet-of-things-fr.pdf.
Faure, Anne, Mohammed Harfi et al. *Le monde de l'internet des objets : des dynamiques à maîtriser.* Rapport de France Stratégie, Février 2022. https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-2022-rapport-iot-fevrier.pdf.

Groupe de travail transversal « Technologie et Soft Power ». *Technologie et Soft Power : le cas de l'industrie de la mode et du luxe.* Paris : Rapport de l'académie des Technologies, Mai 2018 : 1-94. https://www.academie-technologies.fr/publications/technologie-et-soft-power-le-cas-de-lindustrie-de-la-mode-et-du-luxe/.

IDEFI CréaTIC (Université Paris 8) et la chaire UNESCO ITEN. *Cahier de veille : les textiles intelligents.* Paris : les Éditions de l'immatériel, 25 Septembre, 2016 : https://issuu.com/ideficreatic/docs/textile-innovant4.

Research and Markets. *Global Electronic Textiles (E-textiles) and Smart Clothing Market Report 2020: Accommodating the Revolution in Wearable Electronics*. Globe Newswire by notified, October 12, 2020.
https://www.globenewswire.com/news-release/2020/10/12/2106662/28124/en/Global-Electronic-Textiles-E-textiles-and-Smart-Clothing-Market-Report-2020 Accommodating-the-Revolution-in-Wearable-Electronics.html.

"Smart Wearables: Reflection and Orientation Paper." *European Commission*, 28 November 2016 : 1-31. ec.europa.eu/newsroom/document.cfm? doc_id=40542.

UIT. *Livre blanc : Les textiles intelligents.* Union des Industries Textiles, 2017 : 1-52. http://www.textilesud.fr/documents/0/livre_blanc_uit_2017_web.pdf?fbclid=IwAR2MdNh6q5hBkd1bCtaRZMDy1vbYYam3JrG3fwNwrvlA2U3ugh8kokhu6uE.

VIII. Webographie

Quévrin, Gérard, Muriel de Vericourt. "Une robe « araignée » imprimée en 3D." *L'USINENOUVELLE.* 05 Février 2015. https://www.usinenouvelle.com/article/une-robe-araignee-imprimee-en-3d.N1849962. (Consulté le 15 Février 2017).

Drinkwater, Matthew. " Comment une robe en LED obtient 2 millions de mentions sur les réseaux sociaux." *Petit Web*. 04 Novembre 2015. https://www.petitweb.fr/actualites/comment-une-robe-en-led-obtient-2-millions-de-mentions-sur-les-reseaux-sociaux/. (Consulté le 15 Février 2018).

" Premiers outils de la préhistoire." *Hominidés.com. Les évolutions de l'homme.* http://www.hominides.com/html/dossiers/premier-outil-prehistoire.php. (Consulté le 04 Mars 2017).

Semonsut, Pascal. "Le feu, « un fil d'or dans le terne et sombre tissu de la Préhistoire »." *Hominidés.com, les évolutions de l'homme.* https://www.hominides.com/articles/le-feu-un-fil-dor-dans-le-terne-et-sombre-tissu-de-la-prehistoire/. (Consulté le 12 Avril 2017).

"Petite histoire du filage." *La Hotté.* 01 Février 2008. http://www.lahottee.info/F_SpinningIntro.php. (Consulté le : 13 Octobre 2017).
Raimbaud, Maguy. " Le fil et son histoire." *JASPE COUTURE.* 04 Septembre 2015. https://jaspecouture.com/le-fil-et-son-histoire/. (Consulté le 15 Juillet 2017).

Maillé-Virole, C., et Persez, V. " L'âge industriel : l'ère du charbon." *Le petit journal.* https://www.arts-et-metiers.net/sites/arts-et-metiers/files/2021-10/field_media_document-304-pj_age_industriel_ere_du_charbon_1.pdf. (Consulté le 25 Juillet 2017).

"L'industrialisation et ses conséquences." *Alloprof.* http://www.alloprof.qc.ca/bv/pages/h1078.aspx. (Consulté le 10 Février 2018).

"Industrie textile mondiale et en France, histoire, origine, définition." *Princesse Foulard.* http://www.princessefoulard.com/blog/histoire/histoire-industrie-textile/. (Consulté le 24 février 2018).

Fétro, Sophie. "Œuvrer avec les machines numériques." *Revue Back Office.* http://www.revue-backoffice.com/numeros/01-faire-avec/sophie-fetro-oeuvrer-machines-numeriques. (Consulté le 29 Mars 2018).

Stölzl, Gunta. " Dans l'atelier textile du Bauhaus, 1968 / Das Werk : Architektur und Kunst, 1968." *ARTICULE.NET Ressources en histoire et théorie du design.* http://www.articule.net/2019/11/03/gunta-stolzl-dans-latelier-textile-du-bauhaus-1968/. (Consulté le 23 Mai 2018).

Mogniat, Michel. " Le fétichisme." *Édition électronique 2007.* http://causepsy.fr/lefetichisme.htm. (Consulté le 19 Avril 2018).

"Classification et application des textiles en tissu intelligent." TESTEX. https://www.testextextile.com/fr/classification-et-application-de-textiles-textiles-intelligents/. (Consulté le 26 Février 2018).

"Technologie spatiale et textiles." The European Space Agency (ESA). August 2, 2002. https://www.esa.int/Space_in_Member_States/France/Technologie_spatiale_et_textiles#.YWSSf2ISzeo.link. (Consulté le 05 Février 2018).

"Les textiles intelligents : Les Textiles Intelligents : Quels Seront Les Tissus De Demain ?." *GRALON.*https://www.gralon.net/articles/materiel-et-consommables/materiels-industriels/arti cle-les-textiles-intelligents---quels-seront-les-tissus-de-demain--3505.htm. (Consulté le 23 Février 2018).

Guinebault, Matthieu. " Prix de l'Innovation : un tissu dépolluant et un capteur textile récompensés." *Fashion Network.* 17 Octobre 2012. https://fr.fashionnetwork.com/news/Prix-de-l-innovation-un-tissu-depolluant-et-un-capteur-textile-recompenses,287226.html. (Consulté le 01 Mars 2018).

“Who was Ada Lovelace, the Woman Who Invented Programming?” *Santex Technology with Purpose*. https://santexgroup.com/blog/who-was-ada-lovelace-the-woman-who-invented-programming/. (Consulté le 10 Avril 2020).

Andler, Martin. "Les mathématiques en partage : Claude Shannon et la théorie de l'information." *The Conversation.* 11 Avril 2016. https://theconversation.com/les-mathematiques-en-partage-claude-shannon-et-la-theorie-de-linformation-57588. (Consulté le 12 avril 2020).

“John Vincent Atanasoff: The father of the computer (October 4, 1903- June 15, 1995).” Columbia Education. http://www.columbia.edu/~td2177/JVAtanasoff/JVAtanasoff.html. (Consulté le 15 avril 2020).

Bellis, Mary. "The History of the ENIAC Computer: The Groundbreaking Device from John Mauchly and John Presper Eckert." *ThoughCo*. January 13, 2020. https://www.thoughtco.com/history-of-the-eniac-computer-1991601. (Consulté le 20 Avril 2020).
Scace, Robert I. "Electronics." *Encyclopaedia Britannica*. June 2, 2020.
https://www.britannica.com/technology/electronics. (Consulté le 25 Juillet 2020).

“Turing's Automatic Computing Engine.” *The Turing Archive London's first Computer*. http://www.alanturing.net/turing_archive/archive/infopages/london1st.html. (Consulté le 20 Mai 2020).

“Timeline of Computer History.” *Computer History Museum.*
https://www.computerhistory.org/timeline/computers/. (Consulté le 3 Mai 2020).

"UNIVAC, the first commercially produced digital computer, is dedicated." *History.com.* https://www.history.com/this-day-in-history/univac-computer-dedicated. (Consulté le 17 Mai 2020).

"UNIVAC und die beginnende Computerindustrie. " *Informatik Geschichte*. https://www.frauen-informatik-geschichte.de/index.php-id=106.htm. (Consulté le 21 mai 2020).

"1958: all semiconductor "solid circuit" is demonstrated." *Computer History Museum*. https://www.computerhistory.org/siliconengine/all-semiconductor-solid-circuit-is-demonstrated/. (Consulté le 3 Juin, 2020).

"Integrated Circuit." *History Computer staff*. https://history-computer.com/circuit-ic/. (Consulté le 3 Avril 2020).

Caizergues, Gauthier. "L'évolution de la souris d'ordinateur." *Journal du net.* 26 Juin 2019. https://www.journaldunet.com/solutions/dsi/1439758-l-evolution-de-la-souris-d-ordinateur/. (Consulté le 15 Avril 2020).
"Invention de la souris." *Tech Time.* https://tech-time.fr/invention-de-la-souris/. (Consulté le 25 Avril 2020).

Beaudouin-Lafon, Michel. "50 ans d'interaction homme-machine: retours vers le futur." 1 Juillet 2016. https://interstices.info/50-ans-dinteraction-homme-machine-retours-vers-le-futur/. (Consulté le 12 Juin, 2020).

"Embedded systems." OMNISCI.com. https://www.omnisci.com/technical-glossary/embedded-systems. (Consulté le 30 Juin 2020).

"Le système embarqué." *UKO.* https://www.ukonline.be/cours/embeddedsystems/programming/chapitre1-1. (Consulté le 10 Juillet, 2020).

"Integrated Circuits.". *ScienCentral, Inc, and The American Institute of Physics.* https://www.pbs.org/transistor/background1/events/icinv.html. (Consulté le 13 Juillet 2020).

Virilio, Paul. "Alerte dans le cyberespace ! ". *Le Monde diplomatique*. Août 1995. https://www.monde-diplomatique.fr/1995/08/VIRILIO/6578. (Consulté le 15 Juillet 2020).

Mayer, Nathalie. "Système embarqué: qu'est-ce que c'est ? " *Futura tech.* https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/technologie-systeme-embarque-15282/. (Consulté le 20 Juillet 2020).

"Technologie portable." *Wikipédia.* https://fr.wikipedia.org/wiki/Technologie_portable. (Consulté le 20 Juin 2020).

Couvreur, Olivier. " LeWeb / Géraldine Le Meur: L'avenir numérique sera marqué par les «wearable technologies»." *3 Paris ile-de-France*. 10 Juin 2020. http://france3-regions.francetvinfo.fr/paris-ile-de-france/2013/12/11/geraldine-le-meur-l-avenir-numerique-sera-marque-par-les-wearable-technologies-375749.html. (Consulté le 20 Juin 2020).

"The Invention of Spectacles: How and Where Glasses May Have Begun." *The College of Optometrists.*https://www.college-optometrists.org/the-college/museum/online-exhibitions/vi rtual-spectacles-gallery/the-invention-of-spectacles.html. (Consulté le 3 Mai 2021).

Knox, Bruce. "Wearable Technology: Definition, Examples, Top Companies In 2021." *The VOU.* July 27, 2021. https://wtvox.com/fashion/wearable-technology. (Consulté le 20 août 2021).

Friedman, Uri. "A Brief History of the Wristwatch: The Military Origins of Wearable Tech, a Century Before the Apple Watch." *The Atlantic.* May 27, 2015. https://www.theatlantic.com/international/archive/2015/05/history-wristwatch-apple-watch/391424/. (Consulté le 03 janvier 2021).

Zolfagharifard, Ellie. "Is This the First Wearable Computer? 300-year-Old Chinese Abacus Ring was Used During the Qing Dynasty to Help Traders Daily Mail " *Mail Online.* March 19, 2014. https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2584437/Is-wearable-computer-300-year-old-Chinese-abacus-ring-used-Qing-Dynasty-help-traders.html. (Consulté le 05 janvier 2021).

Berman, Terry. " The Smart Ring: From the 17th Century Wearable Abacus to Today ". *Interesting engineering.* May 04, 2017. https://interestingengineering.com/smart-ring-17th-century-wearable-abacus-today. (Consulté le 07 janvier 2021).

"Dr Julius Neubronner's Miniature Pigeon Camera." *The Public Domain Review.* https://publicdomainreview.org/collections/dr-julius-neubronners-miniature-pigeon-camera/. (Consulté le 3 Mars 2021).

Denhoed, Andrea. "The Turn-of-the-Century Pigeons That Photographed Earth from Above." *The New Yorker.* April 14, 2018. https://www.newyorker.com/culture/photo-booth/the-turn-of-the-century-pigeons-that-photographed-earth-from-above. (Consulté le 27 Février 2021).

" Fighting talk: First World War Telecommunications." *The National Archives.* https://www.nationalarchives.gov.uk/first-world-war/telecommunications-in-war/.(Consulté le 3 mars 2021).

Myre, Greg. "From Wristwatches to Radio, How World War I Ushered in the Modern World." *NPR.* April 02, 2017. https://www.npr.org/sections/parallels/2017/04/02/521792062/from-wristwatches-to-radio-how-world-war-i-ushered-in-the-modern-world?t=1568188507348. (Consulté le 3 mars 2021).

Rhodes, Bradley. " A Brief History of Wearable Computing. " *MIT Wearable Computing project.* http://wearables.www.media.mit.edu/projects/wearables/timeline.html. (Consulté le 3 Mars 2021).

Ackerman, Evan. "The Man Who Invented VR Goggles 50 years Too Soon." *IEEE Spectrum*. November 30, 2016. https://spectrum.ieee.org/the-man-who-invented-vr-goggles-50-years-too-soon. (Consulté le 14 Avril 2021).

"Calculator watches." *Unique Watch Guide*. http://www.uniquewatchguide.com/calculator-watches.html. (Consulté le 6 Mars 2021).

"HP-01." *The Museum of HP Calculators*.https://www.hpmuseum.org/hp01.htm. (Consulté le 6 Mars 2021).

Mann, Steve. "Wearcomp." *Cyborg anthropology*. http://www.eyetap.org/defs/glossary/wearcomp/. (Consulté le 30 mai 2021).

"Before Smartwatches There was the Seiko UC-2000 Wrist Computer, here are 5 Cool Facts." *Techeblog.* July 24, 2015. https://www.techeblog.com/before-smartwatches-there-was-the-seiko-uc-2000-wrist-computer-here-are-5-cool-facts/. (Consulté le 3 mars 2021).

Harrison, Bernice. "Design Moment: Sony Walkman, 1979. The silver and blue portable personal stereo sold beyond all expectations." *THE IRISH TIMES.* April 21, 2018. https://www.irishtimes.com/life-and-style/homes-and-property/interiors/design-moment-sony-walkman-1979-1.3465629. (Consulté le 3 mars 2021).

"A Visual Guide to Watch Gaming's 40-year History." *Polygon.* https://www.polygon.com/a/smartwatch-history-guide-evolution/watch-timeline. (Consulté 3 mars 2021).

Greaves, David. "Olivetti Research Active Badge." http://koo.corpus.cam.ac.uk/projects/badges/index.html.(Consulté le 30 mai 2021).

Knight, Daniel. "A history of palm part 2: Palm PDAs phones 1996 to 2003." *Low End Mac*. July 19, 2016. https://lowendmac.com/2016/a-history-of-palm-part-2-palm-pdas-and-phones-1996-to-2003/. (Consulté le 3 Mars 2021).

Papadopoulos, Despina. "Mobile Money : M-bracelet." https://pixelpeppy.com/m-bracelet/. (Consulté le 30 mai 2021).

Dragoon, Nytok. "Exposé de vêtement intelligent." *SCRIBD*. November 13, 2010. https://fr.scribd.com/doc/42297313/expose-de-vetement-intelligent. (Consulté le 02 Juin 2021).

Loomia technologies Inc. "A Brief History of E-Textiles / Soft Circuits." *LOOMIA*. April 20, 2019. https://www.loomia.com/blog/2019/4/20/a-brief-history-of-e-textiles-soft-circuits. (Consulté le 03 Juin 2021).

Pierrot Plenard, Marine. "Textiles intelligents ou vêtements connectés, la technologie à même la peau." *Kicklox*. 14 Avril 2022. https://www.kicklox.com/blog-client/textiles-intelligents-la-technologie-a-meme-la-peau/. (Consulté le 05 Juin 2022).

"Electric Girls." *The New York Times*. April 26, 1884. https://www.nytimes.com/1884/04/26/archives/electric-girls.html. (Consulté le 05 Juin 2020).

Godeau, Henri-Philippe, "Favoriser la transversalité", novembre 2020, https://www.hpgodeau.fr/wp-content/uploads/2020/11/ORGA-Favoriser-la-transversalite.pdf (Consulté le 18 octobre 2022)

" Firely Dress and Necklace, 1998." Maggie Orth. Art, Technology, Design. http://www.maggieorth.com/art_Dress.html. (Consulté le 10 Février 2021).

"Advances Textiles Research Group." Nottingham Trent University. https://www.ntu.ac.uk/research/groups-and-centres/groups/advanced-textiles. (Consulté le 22 Février 2021).

Sarker, Jahid, A.K.M. Monjurul Haque, Md. Abdullah al Rumon, and Md. Masudur Rahman. " E-textile: A New Sensation in Textiles." *Textile Focus: focusing textile and apparel*. November 09, 2016. https://textilefocus.com/e-textile-new-sensation-textiles. (Consulté le 22 Février 2021).

"Georgia Tech Wearable Mothervoard: Use of GTWM. How to use the smart shirt ?" *Georgia Tech.* https://sites.gatech.edu/smartshirt/use-of-gtwm. (Consulé le 20 janvier 2021).

"Final Presentation of the I-GARMENT Project." *The European Space Agency*. September 01,2008.https://www.esa.int/Enabling_Support/Preparing_for_the_Future/Space_for_Earth/Space_for_health/Final_presentation_of_the_I-GARMENT_project#.YXvK-dQz5z4.link. (Consulé le 22 janvier 2021).

"Omnidirectional Pedestrian Navigation for First Responders." *Movella.* March 03, 2009. https://www.xsens.com/cases/wearitwork-project. (Consulé le 21 Aout 2017).

Gleasure, Joseph. "An expanded history of Levi's ICD+ & Philips' wearable electronics program." *SHELLZINE. July* 20, 2020, https://shellzine.net/levis-icd/. (Consulé le 14 Aout 2020).

Alistair. "From The Archive: Industrial Clothing Division by Levi's and Massimo Osti." *Ali Goerges Hinkins.* July 10, 2019. https://www.aligeorgehinkins.com/home/from-the-archive-industrial-clothing-division-by-levi-s-x-massimo-osti-x-philips. (Consulé le 25 Juillet 2020).

Tuzio, Andrea. "Philips x Levi's ICD+: the vision of Massimo Osti." *Collatera.al.* https://www.collater.al/en/philips-levis-icd-vision-massimo-osti-style-2/. (Consulé le 14 Juillet 2020).

Anwar, Sikander. "Manufacturing of Elctronic Textile." *Fibre2Fashion.* October 2013. https://www.fibre2fashion.com/industry-article/7124/manufacturing-of-electronic-textile?fbclid=IwAR2KKo0P6G8xV4mkJiLkVTwU7I6hWP-Sw2UOf5gPLNsJde0HzpqKOoAYdvs. (Consulé le 12 Juin 2020).

Hanlon, Mike. "Sports bra monitors heart rate with built-in heart monitor." *New Atlas.* December 23, 2005. https://newatlas.com/sports-bra-monitors-heart-rate-with-built-in-heart-monitor/4952/. (Consulé le 17 Juin 2020).

Kadoglu, Huseyin. "Conductive Yarns And Their Use In Technical Textiles." *Technical Textile.net.* https://www.technicaltextile.net/articles/conductive-yarns-and-their-use-in-technical-textiles-3739. (Consulté le 20 Février 2021).

Schwab, Klaus. "The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond." *World Economic Forum.* January 14, 2016. https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/.

"Intelligence artificielle et autres technologies numériques avancées." *Economie.* 31 Aout 2022. https://www.intelligenceartificiellepourpme.be/faq/quest-ce-que-linternet-des-objets-et-quel-est-son-lien-avec-lintelligence-artificielle. (Consulté le 02 Septembre 2022).

"Consumer Goods & Retailing Market Research Reports & Industry Analysis." *Market Research.com. Knowledge. Identified and Delivered.* https://www.marketresearch.com/Knowledge-Business-Value-KBV-Research-v4085/Europe-Smart-Watch-10496030/. (Consulté le 23 Janvier 2021).

Douglas-Walton, Josh "A study of Fitness Trackers and Wearables." *Hfe.* https://www.hfe.co.uk/blog/a-study-of-fitness-trackers-and-wearables/?fbclid=IwAR2IkbOKRShS_EWAKJAYgGza9CL-CqRqfjPKSIzFB6VcjZcDW3q2BnaC5Oc. (Consulté le 12 Juin 2021).
"Fitbit". https://www.fitbit.com/global/us/home (Consulté le 18 Juin 2021).

Watkins, David. "Connected World: Smart Home Is Key to Tomorrow's Internet Of Things." *Strategy Analytics. Powered by TechInsights.* 2017.

https://www.strategyanalytics.com/zh/access-services/devices/connected-home/smart-home/reports/report-detail/connected-world-smart-home-is-key-to-tomorrow's-internet-of-things?aa=940256&ri=14278. (Consulté le 22 Juin 2020).

"The Wearable Life 2.0 Connected living in a wearable world." *Consumer Intelligence Series. PwC.* https://www.pwc.com/ee/et/publications/pub/pwc-cis-wearables.pdf. (Consulté le 02 Mai 2020).

Dessibourg, Olivier. "Des textiles collecteurs d'énergie pour des vêtements connectés." *Le temps*. 15 Avril 2017. https://www.letemps.ch/sciences/textiles-collecteurs-denergie-vetements-connectes?fbclid=IwAR2gcBR5-Q_nm-v_yHacGxPnojC9MR3EJpJjNtT6nn_9Zs9kQ8Y3NE9xxdE. (Consulté le 28 Avril 2020).

"Smart Clothing Market Size By Product." Global Market Insights. Insights to innovation. August 2017. https://www.gminsights.com/industry-analysis/smart-clothing-market. (Consulté le 11 Mars 2020).

Loubens, Audrey. " Les textiles connectés représentent l'avenir de la filière textile." *Techniques de l'ingénieur*. 5 février 2015. https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/textiles-connectes-filiere-textile-11438/. (Consulté le 20 Mars 2020).

Combe, Matthieu. "La révolution des textiles intelligents." *Techniques de l'ingénieur.* 28 février 2018. https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/revolution-textiles-intelligents-52542/. (Consulté le 15 Avril 2020).

https://www.spinali-design.fr

Arnulf, Sylvain. "Spinali Design fait chauffer internet avec son smart bikini anti-UV." *L'usine Digitale.* 8 juillet 2015. https://www.usine-digitale.fr/article/spinali-design-fait-chauffer-internet-avec-son-smart-bikini-anti-uv.N340657. (Consulté le 03 Mai 2020).

Goy, Marine. " Maillots de bain connectés pour lutter contre les coups de soleil, Bronzer connecté." *Les Numériques*. 14 juin 2015. https://www.lesnumeriques.com/objet-connecte/spinali-design-maillots-bain-connectes-p26791/maillots-bain-connectes-pour-lutter-contre-coups-soleil-n42783.html. (Consulté le 03 Mai 2020).

"Jeans". https://spinali.boutique/FR/pages/jeans (Consulté le 15 février 2022)

"Neviano". https://spinali.boutique/FR/pages/neviano3 (Consulté le 15 février 2022)

"Une paire de jeans intelligents qui vous guide dans vos déplacements." *francoicharron.com : vivre branche. Savoir decrocher.* https://francoischarron.com/gadgets-techno/cadeau-pour-vous/une-paire-de-jeans-intelligents-qui-vous-guide-dans-vos-deplacements/G5cnr7MNMY/, (consulté le 15 mai 2020)

Ledenn, Arthur. La start-up Chronolife lance un t-shirt connecté pour mesurer six facteurs physiologiques en continu. L'usine Digitale. 27 novembre 2019. https://www.usine-digitale.fr/article/la-start-up-chronolife-lance-un-t-shirt-connecte-pour-mesurer-six-facteurs-physiologiques-en-continu.N907929 (Consulté le 10 septembre 2022).

Le Figaro. " Un T-shirt intelligent pour surveiller sa santé." *Le Particulier*. 31 janvier 2020. https://leparticulier.lefigaro.fr/article/un-t-shirt-intelligent-pour-surveiller-sa-sante. (Consulté le 17 Juin 2020).

De Rosnay, Joël. " Nouveaux modèles et nouveaux outils." *Futura*. 23 février 2002. https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/physique-materiaux-intelligents-55/page/4/. (Consulté le 23 Juin 2020).

Pouliquen, Laure. "Les textiles intelligents qui surveillent votre santé." Futurologie-Innovation, Santé Nutrition, Sciences et Avenir avec AFP. https://laurepouliquen.fr/les-textiles-intelligents-qui-surveillent-votre-sante/. (Consulté le 22 Juin 2020).

"Cute Circuit." https://cutecircuit.com/biography/. (consulté le 25 Mai 2022).
"Mimo le body connecté pour bébé via un body connecté à votre smartphone." *Smartaddict*. http://www.smartaddict.fr/mimo-le-body-connecte-pour-bebe/. (Consulté le 25 Juin 2020).

''Care for Your Patients with Smart Healthcare''. https://www.bioserenity.com (Consulté le 02 février 2023).

"Weaving Univesities and Companies to co-create Fashion Tech Future Talents." *FTalliance*. https://www.fashiontechalliance.eu/en/. (Consulté le 05 mai 2020).

"The Top-10 French Artificial Intelligence Startups." *Nanalyze*. 14 avril 2018. https://www.nanalyze.com/2018/04/top-10-french-artificial-intelligence-startups/. (Consulté le 27 Juin 2020).

Pierrot Plenard, Marine. "Textiles intelligents ou vêtements connectés, la technologie à même la peau." Kicklox. 14 Avril 2022. https://www.kicklox.com/blog-client/textiles-intelligents-la-technologie-a-meme-la-peau. (Consulté le 17 Juin 2022).

"CuteCircuit x Chanel" https://cutecircuit.com/press/cutecircuit-x-chanel/. (Consulte le 18 juillet 2022)

"Neuronaute, le tee-shirt qui diagnostique l'épilepsie.″ *Le Quotidien du Médecin*. 24 décembre 2019. https://www.lequotidiendumedecin.fr/actus-medicales/esante/neuronaute-le-tee-shirt-qui-diagnostique-lepilepsie. (Consulté le 22 Juin 2020).

Serries, Guillaume. " Vêtements connectés : +46% de croissance par an jusqu'en 2021." *ZDNET*. 3 juin 2016. https://www.zdnet.fr/actualites/vetements-connectes-46-de-croissance-par-an-jusqu-en-2021-39837798.htm. (Consulté le 16 Juin 2020).

"Sensoria artificial intelligence sportswear smart training apparel powered by your real-time personal trainer". Sensoria. http://www.sensoriafitness.com/. (Consulte le 10 juillet 2022)

Neumeister, Bernard. "Sensoria, un système intelligent complet pour la course." *Info High Tech*. Toute l'actualité sur les hautes technologies. 17 Septembre 2015. https://www.infohightech.com/sensoria-un-systeme-intelligent-complet-pour-la-course/. (Consulté le 30 Juin 2020).

Leavitt, Austin. "Sensoria Smart Running System: Smart Socks (and Shirt) with Integrated Sensors." *Gear for life*. https://gearforlife.com/sensoria-socks. (Consulté le 29 Juin 2020).

Kapfunde, Muchaneta. "Artificial Intelligence, The "Brain Power" Behind Next Generation Smart Textiles: Can artificial intelligence create the next wonder material?" https://fashnerd.com/2018/01/ai-artificial-intelligence-smart-textiles/. (Consulté le 25 Juin 2020).

Szondy, David. "BAE Systems' Broadsword Spine turns soldier's clothing into power/data hub." *New Atlas*. https://newatlas.com/bae-systems-broadsword-spine/44342/. (Consulté le 23 Juin 2020).

"Delivering the Next Generation of Connected Clothing." *Bae Systems.* 11 juillet 2016. https://www.baesystems.com/en/article-broadsword-spine. (Consulté le 24 Juin 2020).
Enseigne de vaisseau Luc Brohan – marin-pompier. "La tenue de pompier, du troisième millénaire." http://marine.marins.free.fr/accueil/pompier.pdf (Consulté le 15 février 2022).

" Les textiles techniques tissent leur révolution industrielle, Cas PME : Balsan, une veste de pompier intelligente." *Journal du net.* 24 avril 2013.
https://www.journaldunet.com/economie/industrie/1114314-les-textiles-techniques-tissent-leur-revolution-industrielle/1114321-cas-pme.

Paquin, Suzanne. " Références sur plusieurs innovations et brevets." *DOC PLAYER.* https://docplayer.fr/12289658-Tecknisolar-seni-references-sur-plusieurs-innovations-et-brevets.html. (Consulté le 21 Juin 2020).

FT Alliance. "Weaving Universities and Companies to Co-create Fashion-Tech." *Future Talents* https://www.fashiontechalliance.eu/en/ (Consulté le 15 juin 2022)

Casavecchia, Thomas "Les « vêtements intelligents donnent du fil à retordre à l'industrie textile. " *Le Soir*. 24 janvier 2018. https://www.lesoir.be/135977/article/2018-01-24/les-vetements-intelligents-donnent-du-fil-retordre-lindustrie-textile (Consulté le 26 Juin 2020).

"About exhibitions and awards press." https://cutecircuit.com/biography/ (Consulté le 26 Juin 2020).

Declerck, Perrine "Génération Y: Définition et caractéristique pour mieux la manager. "Bruce, Conseils et actualité sur l'emploi en France. Décembre 2021. https://blog.bruce.work/generation-y-definition-concept-et-caracteristiques-au-travail. (Consulté le 02 Janvier 2022).

Knowles, Kitty. "Meet CuteCircuit: The Britsh Fashion Tech Brand Loved by Fergie and Katy Perry." *Forbes*. 29 Mars 2018.
https://www.forbes.com/sites/kittyknowles/2018/03/29/cutecircuits-fantastic-fashion-tech-world-firsts. (Consulté le 25 Mai 2020).
Chevrier, Joël., and Claire Eliot. "Innovation : comment associer textile et écrans ? " The conversation. 11 Juillet 2019. https://theconversation.com/innovation-comment-associer-textile-et-ecrans-120043. (Consulté le 05 Avril 2020).

"Interactive fashion". https://cutecircuit.com/haute-couture/ (Consulté le 05 Avril 2020).

Ferreira, Julia. " Khaby Lame en BOSS à la première de Top Gun au Festival de Cannes. " *Luxsure.* 19 Mai 2022. https://www.luxsure.fr/2022/05/19/khaby-lame-en-boss-a-la-premiere-de-top-gun-au-festival-de-cannes/. (Consulté le 07 Juin 2022).

"Boss and Khaby Lame bring tailoring into the future at the 75th festival de Cannes." *Hugo Boss Press Release.* Metzingen. 19 mai 2022. https://group.hugoboss.com/en/newsroom/news/news-detail/boss-and-khaby-lame-bring-tailoring-into-the-future-at-the-75th-festival-de-cannes. (Consulté le 01 Juillet 2022).

Leitch, Luke. "Khaby Lame, the Fresh Prince of TikTok, Is Launching His First Collection with Boss." *VOGUE.* 17 Juin 2022. https://www.vogue.com/article/boss-khaby-lame-collaboration-launch. (Consulté le 01 Juillet 2022).

Forget, Pascal. "Konnect-i par Samsonite X Jacquard : le sac à dos connecté." *Pascal Forget.com.* 20 octobre 2020. https://www.pascalforget.com/konnect-i-par-samsonite-x-jacquard-le-sac-a-dos-connecte/. (Consulté le 03 Juillet 2021).

Lecourt, Pierre. " Adidas GMR : du Google Jacquard dans des chaussures de foot." *MiniMachines Net.* 12 mars 2020. https://www.minimachines.net/actu/adidas-gmr-87532. (Consulté le 03 Juillet 2021).

"Levi’s new Commuter Trucker jacket combines fashion and technology." https://www.androidauthority.com/levi-communter-jacket-694064/ (Consulté le 05 Juillet 2021).

"Levi's® Trucker Jacket with Jacquard™ by Google Gets High-Tech Update." *Levi Strauss & Co*. 1 Octobre 2019. https://www.levistrauss.com/2019/10/01/levis-trucker-jacket-with-jacquard-by-google-gets-high-tech-update. (Consulté le 05 Juillet 2020).

Kabir, Rafayatul. "What do you think about the latest Google-Levi's commuter jacket?" *Medium.* 5 Mai 2018.https://medium.com/@forgeportal/what-do-you-think-about-the-latest-google-levis-commuter-jacket-780f0dc480cb. (Consulté le 07 Juillet 2020).

Divert, Christel. "Levi's lance la V2 de sa veste connectée Jacquard by Google en Europe." *Fashion Network.* 30 Septembre 2019. https://fr.fashionnetwork.com/news/Levi-s-lance-la-v2-de-sa-veste-connectee-jacquard-by-google-en-europe,1141699.html. (Consulté le 08 Juillet 2020).

"Designing smarter products." Jacquard. https://atap.google.com/jacquard/technology/. (Consulté le 07 Juillet 2020).

"Maase : un plaid sensoriel pour l'accompagnement non médicamenteux des patients Alzheimer." *SENIORACTU.* 9 Mai 2019. https://www.senioractu.com/Maase-un-plaid-sensoriel-pour-l-accompagnement-non-medicamenteux-des-patientsAlzheimer_a21814.html. (Consulté le 10 Juillet 2020).

"Une nouvelle approche pour transformer la prise en soin des symptômes comportementaux". www.maase.fr. (Consulté le 11 Juillet 2020).

"Constitution". *Organisation Mondiale de la Santé*.
https://www.who.int/fr/about/governance/constitution. (Consulté le 12 Juillet 2020).

"C'est quoi la luminothérapie ? " *Ma luminothérapie. Luminothérapie et bien-être.*
https://www.ma-luminotherapie.com/definition-et-principes-de-la-luminotherapie.html.
(Consulté le 10 Juillet 2020).

Dévoyer, Julie, Elena Bizzotto, Jasmine Saunier, et Hélène Bour. " Tout savoir sur la luminothérapie." *Santé Magazine.* 11 Mars 2022. https://www.santemagazine.fr/medecines-alternatives/autres-pratiques/luminotherapie-176995. (Consulté le 12 Juillet 2020).

"Pascale Matthews «je crée des articles et accessoires thérapeutiques pour malades d'Alzheimer »." *AgeEconomie.* L'analyse des marchés des 50 ans et plus (depuis 1999). Frederic Serriere Group. 6 Décembre 2019.http://www.marchedesseniors.com/silver-economie/articles-et-accessoires-therapeutiques-pour-malades-dalzheimer. (Consulté le 15 Juillet 2020).

Équipe naitre et grandir (rédaction), Dr. Bernard-Bonnin, Anne-Claude (révision scientifique)."L'emmaillotage." *Naître et grandir.* Juin 2022.
https://naitreetgrandir.com/fr/etape/0_12_mois/soins/fiche.aspx?doc=emmaillotage.
(Consulté le 20 Juillet 2022).

"L'importance des couleurs pour bébé." *Notrefamille*. 8 février 2022.
https://www.enfant.com/bebe-0-3-ans/3-6-mois/limportance-couleurs-pour-bebe-4549.
(Consulté le 17 Juillet 2020).

Équipe naitre et grandir (rédaction), Dr. Sabourin, Catherine (révision scientifique). "Le développement de l'ouïe chez l'enfant." *Naître et grandir*.
https://naitreetgrandir.com/fr/etape/0_12_mois/developpement/fiche.aspx?doc=naitre-grandir-developpement-sens-ouie-audition. (Consulté le 22 Juillet 2022).

"Qu'est-ce que la pédagogie Montessori ? " *Découvrir Montessori.* https://decouvrir-montessori.com/quest-ce-que-la-pedagogie-montessori/. (Consulté le 21 Juillet 2022).

Askenazi, Bruno. "Soeurs jumelles, elles sont associées dans une start-up de design." *Les Ecgos ENTREPRENEURS.* 5 Avril 2019. https://business.lesechos.fr/entrepreneurs/idees-de-business/0601027904867-soeurs-jumelles-elles-sont-associees-dans-une-start-up-de-design-328422.php. (Consulté le 13 Juin 2022).

"IDC (International Data Corporation) forecasts steady double-digit growth for wearables as new capabilities and use cases expand the market opportunities." *Business Wire.* 18 Mars 2019. https://www.businesswire.com/news/home/20190318005571/en/IDC-Forecasts-Steady-Double-Digit-Growth-for-Wearables-as-New-Capabilities-and-Use-Cases-Expand-the-Market-Opportunities. (Consulté le 03 Mai 2020).
Groupy, Évelyne. " Les dossiers pédagogiques." *Site du Musée des Abattoirs.* Septembre 2016. http://www.cndp.fr/crdp-amiens/IMG/pdf/hda_135.pdf. (Consulté le 22 Mars 2020).

"Smart Fabrics Technology, Don't Believe The Hype (Just Yet)." *FASHNERD.*
https://fashnerd.com/2016/08/smart-fabrics-technology-believe-hype. (Consulté le 19 Mars 2020).

" Interdisciplinarité". *Educalingo.* https://educalingo.com/fr/dic-fr/interdisciplinarite. (Consulté le 20 mars, 2019).

"Wearable electronic devices and technologies – Part 101-1 : *Terminology*." Standards. 3 November 2021.https://standards.iteh.ai/catalog/standards/clc/a8a6f3c0-acb2-4707-8e08-cef550024c1b/en-iec-63203-101-1-2021. (Consulté le 09 Janvier 2022).
Grept, Frédérique. "Procédé : Les textiles bioactifs entrent en action". *L'Usine Nouvelle.* https://www.usinenouvelle.com/article/procede-les-textiles-bioactifs-entrent-en-action.N84615. (Consulté le 18 Janvier 2020).

Amoureux, Eugène, Jean-Yves Dréan, Claude Fauque, André Parisot, Marc Renner, Richard A. Schutz. " TEXTILE." *Encyclopædia Universalis.*https://www.universalis.fr/encyclopedie/textile/. (Consulté le 25-03-2018).

Gisèle Bazin. "Le tissu." http://giselebazin.weebly.com/uploads/2/8/6/0/28606425/le_tissu.pdf (Consulté le 12-06-2017).

Intravai, Ludmilla. "La couture électronique exprime qui nous sommes." *Le boudoir numérique*. 13 décembre 2015. https://boudoirnumerique.com/interviews/2015/12/13/la-couture-lectronique-exprime-qui-nous-sommes-58789. (Consulté le 12 mars 2022).

"Jacquard by Google weaves new digital experiences into the things you love and use every day to give you the power to do more and be more." *JACQUARD*. https://atap.google.com/jacquard/. (Consulté le 30 mai 2020).

Kabir, Rafayatul. "What do you think about the latest Google-Levi's commuter jacket?" *Medium*, 5 Mai 2018. https://medium.com/@forgeportal/what-do-you-think-about-the-latest-google-levis-commuter-jacket-780f0dc480cb. (Consulté le 15 Juillet 2020).

Lombart, Stuart, "Levi's new Commuter Trucker jacket combines fashion and technology. " ANDROID AUTHORITY, 20 mai 2016. https://www.androidauthority.com/levi-communter-jacket-694064/. (Consulté le 25 juin 2020).

De Tommasi, Di Alessandra. "Khaby Lame da Tiktok a Cannes: la prossima volta torno sulla Croisette con un film tutto moi." VOGUE Italia, 20 maggio 2022. https://www.vogue.it/news/article/khaby-lame-da-tiktok-a-cannes-intervista. (Consulté le 02 Juin 2022).

"Care for your patients with Smart Healthcare Solutions Bioserenity Smart Healthcare Solutions." *BIOSERENITY*. https://www.bioserenity.com. (Consulté le 17 avril 2022).

"Start-up book." *Cohort Innovation Day*. 3 october 2018. http://www.cohortinnovationday.com/images/Book_Start- up_CID_2018%20VF.pdf?fbclid=IwAR3yPlaH97CJ9wLYv0QqwVSb6FLb4E3Yl6hSZbB3TdsuulfmiaTyOOjMPwg.(Consulé le 14 mai 2022).

"Industry 4. and the fourth industrial revolution explained." i-scoop. https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/. (Consulté le 13 avril 2020).

Annexes

I. Courriels électroniques

VALLIÈRES, Noémie (Assistante de l'artiste Ying Gao)[en ligne]. Destinataire : Azza STAMBOULI. Correspondance personnelle, 29 Mars 2017.

DAGUIN, Clara [en ligne]. Destinataire : Azza STAMBOULI. Correspondance personnelle, 15 Février 2017.

CAMPAGNE, Christine [en ligne]. Destinataire : Azza STAMBOULI. Correspondance personnelle, 10 Février 2017.

DEVIME, Noémie, Christine [en ligne]. Destinataire : Azza STAMBOULI. Correspondance personnelle, 4 Février 2017.

BOUATAY, Fériel [en ligne]. Destinataire : Azza STAMBOULI. Correspondance personnelle, 24 Novembre 2020.

II. Interviews

Les questions d'une interview type
Nom et prénom : fonction (designer, artiste, ingénieur, ….), date

1- Pouvez-vous vous présenter et nous dire qui vous-êtes ? Quel est votre parcours de formation ?

- **Comment travaillez-vous ? (En agence, en indépendant)**

- **Comment décrivez-vous votre pratique de création ?**

- Est-ce que vous travaillez tout (e) seul (e) ou en collectif ? (Processus de réalisation de projets de A à Z : concepteur/réalisateur ou concepteur et réalisez-vous en sous-traitance) ?

- Quels sont les acteurs ? Est-ce qu'il y a d'autres concepteurs, d'autres personnes qui ont contribué à penser le – les projet (s) et à le – les réaliser ?

2- Quels sont les motivations et les intentions (créatives / artistiques) à l'œuvre dans vos projets ?

Quels sont les enjeux et les questions soulevées dans vos pratiques ?

3- Pourriez-vous décrire en détail la conduite, le mode de conception et de fabrication d'un de vos projets sur la partie :

- **Outil**
- **Méthodologie**
- **Processus**

Quelle ouverture à l'interaction dans le projet : en quoi l'usager est amené à interagir ? Quelles sont les ouvertures autour de l'interaction ?

4- Qu'est-ce qui vous semble être important aujourd'hui dans l'arrivée de la technologie dans le design textile ? Quels en sont les changements perçus ? Quel impact cela aurait-il sur le domaine textile ?

Transcription d'une interview réalisée avec Nancy et Lou-Anne Boehm : Fashion designers – Studio TWINS publiée dans la revue MODE LAB numéro 04, été 2017

Vous les reconnaissez ?

Les jumelles Nancy et Lou-Anne Boehm, ont posé sous l'objectif des rédactrices de Modelab. À travers le jeu des questions/réponses, leurs riches expériences dans la FashionTech viennent parachever leur portrait...

Nancy et Lou-Anne Boehm ont créé le Studio Twins Paris pour rassembler leurs différentes activités : métiers d'art, design textile, innovation matières, objets connectés, expérience utilisateur... Retour sur leurs parcours et leurs pratiques innovantes de la mode.

Azza : Pour commencer, pouvez-vous vous présenter ?

Nancy : Je suis Nancy Boehm, jumelle de Lou-Anne Boehm, 24 ans. Nous avons commencé notre parcours ensemble à l'école Estienne ESAIG, spécialisée dans les métiers d'art du livre, des techniques très spécifiques. Puis nous nous sommes orientées vers le design textile. J'ai fait un BTS Design de mode, Textile et environnement, option « Textiles, Matériaux et Surfaces », spécialisation Tissage et Sérigraphie à l'école ENSAAMA Olivier de Serres. Pour résumer, cela consistait à créer des nouvelles matières et de nouvelles collections de tissus. Je me suis spécialisée en impression textile et en tissage. Il y avait aussi des cours d'histoire de la mode, de technologie des tissus et de chimie pour connaître les processus de fabrication des tissus. C'est une formation très traditionnelle, je me suis donc auto-formée à tout ce qu'on peut appeler l'innovation dans l'électronique textile dans des ‘’hackerspaces’’ à Paris. J'ai commencé à développer mes premiers prototypes de textiles électroniques en 2011.

Lou-Anne : Pendant ce temps-là, j'étais à l'École Supérieure des Arts Appliqués Duperré pour un diplôme des métiers d'Arts en tapisserie. On travaillait surtout la structure textile, des techniques entièrement à la main, du micro (travaux d'aiguille) au macro (création de volumes par différentes techniques). C'est à ce moment qu'est née ma volonté de faire se

rencontrer ces techniques traditionnelles avec d'autres, plus contemporaines (découpe laser, matériaux de synthèse).

Nancy : Ensuite, nous avons suivi une formation FCIL (Formation Complémentaire D'initiative Locale) à l'école Octave Feuillet. C'est une formation unique en France, qui forme aux Métiers d'art de la haute couture, peu connus, sollicités par les grandes maisons de haute couture spécifiquement à Paris, à savoir les paruriers en plumasserie et fleurs artificielles, la chapellerie, la broderie à la main et la broderie à la machine guidée main et au crochet. On a suivi une formation à ces techniques pendant un an, en cours et dans de multiples ateliers parisiens. J'ai continué sur mon idée d'intégrer de l'électronique dans le textile. Le challenge, c'était par exemple d'intégrer de la fibre optique dans un matériau différent, conçu avec une technique traditionnelle de chapellerie. Pour le diplôme, j'ai réalisé une veste entièrement brodée à la main et au crochet « Lunéville », en remplaçant le tissu classique par du PVC, c'est-à-dire du plastique. J'ai brodé des LEDs à l'intérieur, associées aux perles de verre pour leur donner un nouvel aspect, diffuser la lumière à travers les perles de verre, pour apporter de la poésie ainsi qu'un nouveau regard sur cette technique traditionnelle.

Lou-Anne : Pour ma part, j'ai continué avec une licence puis un master en design à l'université Paris 1.

Nancy : À cette époque-là, en France, il n'y avait quasiment pas de formation à l'innovation textile. J'avais le choix entre m'endetter pour une formation à l'étranger ou rester à Paris et aller voir ce qui se passait dans le domaine des nouvelles technologies. Je suis allée frapper aux portes en disant « Je fais du textile, est-ce que vous m'acceptez ? », et j'ai commencé ma formation Strate, une école qui forme en master 2 au design industriel, avec une filière objet connecté & système interactif. Cette formation était vraiment axée sur les objets connectés, services, nouvelles interfaces tangibles, expérience utilisateur, vraiment tout le processus de l'expérience utilisateur... J'ai eu l'occasion, parmi d'autres, de faire des projets d'électronique textile. J'ai ainsi pu être formée à beaucoup plus de choses en complément de ma formation textile.

Nancy : Voilà. C'est toute une épopée !

Azza : Comment travaillez-vous aujourd'hui ?

Nancy : Je suis designer freelance, je fais du consulting et en même temps je monte ma start-up. Je peux par exemple faire un benchmark sur une thématique d'innovation textile, amener des conclusions et des conseils, un sourcing de technologie qui pourrait être intégré dans tel textile, dans tel contexte. Je peux aussi avoir des projets où je lead complètement la partie design : par exemple, ça fait un an que je travaille avec une start-up dans le domaine de la santé qui souhaite créer un t-shirt connecté. Je fais le sourcing des technologies ainsi que le design du textile et du t-shirt, l'intégration électronique dans le textile, et le prototypage. J'ai fait les quatre premiers prototypes, puis je les ai fournis à des couturières qui vont faire la pré-série. Pour l'électronique, on discute avec le client et son prestataire électronique des faisabilités et chacun explique ses contraintes, par exemple pour tenter d'intégrer l'électronique à tel endroit, pour que ça soit plus souple et plus facile. J'amène ma connaissance pour aider à ce que le produit soit bien adapté. Les demandes sont toujours de natures très différentes. Avec une grande enseigne de prêt-à-porter française, par exemple, qui est dans une problématique générale d'innovation, il m'a été demandé de combiner la formation du personnel à la culture de l'innovation dans la mode, pour faire ensuite de la gestion de projets en équipe. Un des projets est de créer un des premiers vêtements électroniques grand public. C'est vraiment très diversifié mais en tout cas, en freelance, je fais toujours la partie design, en général le prototypage et ensuite je le fournis à des prestataires qui font la série ou la pré-série.

Pour la partie « start-up », je développe un plaid interactif. J'ai conçu le produit, son expérience et le service qui va autour du châle. J'ai prototypé le châle et les protocoles qui vont avec. Aujourd'hui ma start-up est incubée au CETI. Je suis à la recherche de prestataires pour pouvoir faire la pré-série. Ensuite, j'ai un partenaire chez qui je vais faire tester les plaids. En fonction des retours, je vais pouvoir les améliorer et dégager des financements pour pouvoir produire en série et vendre. Actuellement, j'en suis à passer des prototypes faits main du châle interactif à une pré-série. Je transmets donc mes connaissances à des professionnels qui maîtrisent le travail en série.

Azza : Et toi Lou-Anne, comment développes-tu tes collections ?

Lou-Anne : J'ai élaboré sur un an une collection où j'ai pris quatre pistes vraiment différentes. Mais tout était lié au niveau de la thématique de la métamorphose dans la matière, donc dans la forme. J'ai travaillé à la création de matières « à mémoire de forme », avec du nitinole par exemple. C'était très compliqué à mettre au point, il fallait inventer une nouvelle manière de créer du motif. J'ai dû créer des motifs par champ magnétique ! J'ai aussi travaillé sur la rencontre entre la plumasserie et les matériaux de synthèse, de nouvelles textures, en mixant pas mal de techniques, et sur les smart pigments. Ces pigments vont réagir et faire changer les matériaux de couleurs. Tout ceci avec des techniques de plumasserie traditionnelles, des matériaux comme la plume naturelle. J'ai voulu vraiment voire jusqu'où ce matériau pouvait aller, le pousser dans ses retranchements, et surtout le faire basculer dans une certaine contemporanéité. C'est toujours ce lien entre tradition et innovation qui m'intéresse.

Aujourd'hui, la collection est protégée par un brevet. Je m'oriente vers des partenaires pour le développement d'une collection capsule, plutôt dans le domaine du design intérieur, de l'ameublement, du luminaire. Le principe peut s'appliquer par exemple sur des rideaux, des panneaux, etc. qui mettent en valeur la matière, qui interagissent dans l'usage. On peut imaginer que la chaleur et la lumière agissent sur les couleurs... Il est toujours question de trouver de nouvelles applications produites en relation avec la qualité du matériau, ça ne s'arrête pas au design intérieur. J'attends vraiment de faire des rencontres pour impulser de nouvelles idées et applications pour ces matières que j'ai créées, dont je n'aurais pas eu l'idée seule.

Nancy : Et tes collections capsules restent pour l'instant des collections de pièces uniques, que tu fais toi-même à la main.

Lou-Anne : Toutes les techniques d'industrialisation seraient compliquées aujourd'hui, ou bien il faudrait inclure ce que j'ai mis au point à la main industriellement. Mais il y a tellement d'étapes nécessaires à la confection que l'industrialisation d'un seul échantillon est impossible. On ne peut pas le faire autrement qu'à la main ! Après, ça serait intéressant de voir comment transposer ça industriellement. Les encres réactives sont encore très peu développées et coûtent très cher. Aussi, pour certaines, elles peuvent encore progresser en ce

qui concerne leur tenue dans le temps. Même s'il y a plusieurs couches, parfois ça s'effrite et ça se délave. C'est très sensible, et c'est aussi pour ça que dans le cadre du diplôme, j'étais partie pour une application sur les vêtements, mais aujourd'hui je me rends bien compte que ces produits ne peuvent pas être portés. Ils ne sont pas lavables, et ça aussi, ça rentre en compte dans l'idée de les réorienter vers d'autres applications et d'autres styles de produits.

Azza : Quelles sont les motivations, les intentions créatives artistiques à l'œuvre dans vos projets ? Quels sont les enjeux, les questions auxquelles vous essayez de répondre ?

Lou-Anne : Au tout début de ce projet, il y a eu mon mémoire sur la métamorphose et le corps hybridé. La notion d'hybride du corps de l'homme et de capacités décuplées, d'un point de vue esthétique ou d'un point de vue de la force physique. Le principe d'« hybridation métamorphose ». J'ai voulu les appliquer aux matières pour voir comment on pouvait créer des matières capables de se métamorphoser, et de démultiplier les possibilités d'un matériel. Dans la notion d'hybridation, il reste aussi l'usage de la plume, parce que la plume peut devenir, en voyant la texture, un mélange entre un oiseau, un poisson... ou va rappeler les insectes, les papillons, les scarabées... J'ai voulu créer des matériaux « en métamorphose », parce que le dessin à la base du projet est un vêtement avec plusieurs pièces interchangeables : chaque pièce a la possibilité de changer de couleur, et pour moi c'était aussi une manière de décupler les possibilités d'un seul vêtement. Plus on lui donne de possibilités, plus il va pouvoir se transformer, plus on va pouvoir le porter différemment. Porter un seul vêtement plutôt qu'en porter quatre.
C'est un vêtement de base avec des pièces interchangeables, donc ça résout une problématique de consommation. C'est aussi un vêtement de grande qualité, d'une forte valeur ajoutée donc on va peut-être le garder plus longtemps. C'est de la durabilité sur différents fronts.

Nancy : Ma réflexion est sous-jacente à celle de Lou-Anne. Je travaille à la croisée de la technologie et de l'émotion. Pour que ce ne soit plus l'homme qui doive s'adapter au rythme de la technologie, parce qu'aujourd'hui on en voit vraiment les limites, mais la technologie qui une fois pour toutes essaye de se réadapter au rythme, aux besoins, aux envies et à la sensibilité humaine. Je suis aussi partie de mon travail de mémoire sur les analyses des effets de bord de la consommation technologique, des personnes qui deviennent sensibles aux ondes par exemple. Des adolescents qui me disent qu'ils n'en peuvent plus de recevoir 70

notifications par jour, qu'ils sont obligés de faire semblant d'être absents ou de ne pas avoir entendu le message pour ne pas avoir à répondre au téléphone. Je trouve que c'est du dysfonctionnement. On est en train de se cacher de la technologie parce qu'elle nous envahit trop. On voit des effets de « burn out » dans les bureaux... Je trouve que c'est injuste qu'on ait créé des technologies pour devoir courir après et s'y adapter...

Lou-Anne : Je trouve aussi que ta démarche est comme un nouvel humanisme. C'est remettre l'homme au centre des usages technologiques.

Nancy : Ce que nous sommes en train de créer, c'est un plaid communiquant. Aujourd'hui, si j'ai envie de transmettre une émotion à mes proches, je vais avoir le choix du téléphone ou de la vidéo. Mais cela implique de rester des heures statiques devant un écran, avec un téléphone accroché à l'oreille, sans oublier les ondes. Il y a aussi la problématique d'être interrompu dans son travail ou dans sa vie privée. Je m'interroge à la fois sur ces problèmes d'interruption et sur ceux liés à la qualité de l'expérience, qui n'est pas assez immersive : on n'entend pas bien, ça coupe... On ne peut pas transmettre ce qu'on veut au niveau des émotions. Il y a beaucoup plus à faire passer que la voix et l'image ! La présence peut se ressentir aussi par la chaleur, le sentiment tactile, et par d'autres choses qui sont dans le non-dit... Nous n'avons pas tout ça à disposition avec les outils de communications actuels. Et donc, pourquoi créer ce plaid ? Parce que c'est un objet communicant. On peut envoyer des messages à la personne qui a le plaid, et elle ne pourra les lire que quand elle sera chez elle, qu'elle décidera d'allumer le plaid pour lire les messages reçus. On travaille vraiment dans une communication asynchrone, avec des messages qui sont beaucoup plus rares. On ne va pas envoyer 50 000 messages dans ce plaid, mais ils seront plus riches, parce qu'on aura mis plus de temps à les construire. Quels types de messages peut-on envoyer ? Sa voix, une certaine chaleur, une photo dont les couleurs seront extraites pour que le plaid les reproduise. Il y a un feedback tactile, donc on peut sentir une vibration et le son. Lorsqu'on enregistre sa voix ou qu'on envoie une musique, le son ne sera pas juste « écouté » comme ça, mais écouté dans le plaid donc au plus près du creux de l'oreille. On va pouvoir s'immerger dans le son, c'est un échange immersif à distance. Ce genre de message très personnel, très sensoriel, on ne va pas en envoyer 50 par jour. Ainsi, je recrée de la rareté dans la communication, parce qu'on doit prendre du temps et qu'elle est asynchrone. Je ramène aussi de la qualité dans la communication en la rendant plus sensible. Au lieu de passer par un objet technologique froid, on a un « vrai objet » en tissu qui produit de la chaleur, attirant et confortable. Et

normalement, ce plaid produit un minimum d'ondes. Je suis en train de comparer les réseaux de communication avec lesquels je peux fonctionner, je vais utiliser le réseau le moins mauvais pour la santé et ce réseau sera le seul utile pour permettre de communiquer le message au plaid, le téléphone sera inutile. Le plaid est autonome pour transmettre le message. C'est un objet connecté, mais il ne devrait pas émettre d'ondes, il ne sera pas connecté au WiFi toute la journée, n'aura ni émetteur de téléphone ni émetteur 4G. Juste un objet passif, j'essaye dans tous ces aspects de respecter encore plus l'utilisateur.

Azza : Comme concevez-vous vos projets et comment gérez-vous la fabrication de vos créations ?

Nancy : J'ai mis au point les deux premiers prototypes à l'aide de pièces électronico-textiles que j'ai travaillées pour inclure l'électronique dans le textile. Je les ai mises au point moi-même, à partir de composants qui étaient disponibles dans le commerce, pour créer des choses plus personnelles. Ces deux prototypes ont été testés chez les utilisateurs à domicile, ce qui m'a permis d'avoir des retours. J'ai aussi fait pas mal de salons, j'ai pu améliorer le prototype, notamment le rendre plus petit et plus léger. J'ai aussi changé les composants électroniques, et réduit la forme générale du plaid. Ensuite, la demande principale était liée à la tenue d'énergie dans le temps, l'efficacité énergétique. Dans la V2, les composants électroniques ne sont pas lavables mais ils sont isolés de l'eau. Là, je suis en train de travailler à sourcer des composants électroniques qui sont intégrés au textile, pas fragiles et lavables. Je travaille avec différents prestataires pour démarrer mes offres, voir lequel aura une meilleure tenue dans le temps, le meilleur rapport qualité-prix et amènera vers du lavable. Forcément, ça ne se fera peut-être pas en un jour, mais la solution à court terme serait d'isoler les pièces électroniques, un peu comme on le fait pour les jeux pour enfants... Les boîtiers seraient très isolés afin qu'on puisse quand même laver le plaid. À terme, l'idéal serait de pouvoir le laver sans enlever l'électronique. La recherche est en cours !

Korian, le leader français des maisons de retraite médicalisées, a été l'un des premiers clients intéressés par mon plaid. Ils souhaiteraient utiliser le plaid comme thérapie émotionnelle pour des personnes en manque affectif ou bien certaines démences psychologiques qui ont besoin d'un réconfort émotionnel. Mais ces personnes ont parfois des gestes imprévisibles : faire un plaid qui soit suffisamment solide et lavable est une contrainte importante. Le domaine médical peut être très exigeant, mais une fois que j'aurai résolu ce problème, cela pourra me

permettre de vendre au grand public. Je vais entamer des entretiens avec du personnel médical pour connaître vraiment leurs contraintes et pour établir un cahier des charges vraiment personnalisé. Je pourrai alors choisir des prestataires électroniques au standing suffisant pour correspondre à ces contraintes fortes. J'ai obtenu un premier financement de la région Nord qui couvre à peu près la moitié des frais engagés pour ces premiers prototypes et je recherche d'autres financements pour compléter.

Azza : Quelle ouverture à l'interaction dans le projet de plaid interactif ? En quoi l'usager est amené à interagir ?

Nancy : La première idée est de permettre à des personnes qui vivent à distance d'échanger un moment personnel, un moment vécu. Que ce soit une bonne ou une mauvaise histoire, l'idée est de partager un moment. Si on prend le public ado, ils reçoivent en moyenne 70 notifications par jour, et quand on regarde les enquêtes terrains, on voit que plus d'1/4 des notifications ont rapport avec des sollicitations de gens proches. C'est ce que j'ai décidé de cibler, en créant un objet qui permette de communiquer différemment avec ses proches. Le plaid permet d'envoyer des messages très sensoriels et personnels pour mieux partager un moment, mieux exprimé et avec moins d'ondes. Après, l'idée s'est étendue aux parents et aux enfants qui vivent à distance. Par exemple les petits-enfants qui ne voient pas souvent leurs grands-parents ou les personnes momentanément immobilisées qui sont loin de leur famille et qui auraient besoin de communiquer à ce moment où elles sont fragilisées...

Les jumelles forment un duo complémentaire : Lou-Anne s'intéresse à la notion de métamorphose et d'interaction avec la matière, ainsi qu'à la création de nouvelles matières composites et réactives, Nancy s'applique à résoudre des problématiques liées à l'interaction et au low tech. Dans leur vie professionnelle, leurs compétences sont transversales et, pouvant intervenir dans toute la chaîne de valeurs d'un projet (de la formation à la production, en passant par le consulting, le sourcing, le prototypage...), elles proposent les services de leur studio « Twins Paris » aux entreprises.

FashionTech Destination
Netherlands

Trend

Expert's toolkit
by Florence Bost

Summer 2017 - 9,90€
M 04517 - fst

MODELAB 04

INTERVIEW
STUDIO TWINS PARIS

Nancy and Lou-Anne Boehm created Studio Twins Paris to have one roof under which to practice their diverse areas of work: art, textile design, materials innovation, connected objects, user experience... Here's a peek into their experiences and their innovative practices in fashion.

Modelab: Could you introduce yourselves?

***Nancy**: I'm Nancy Boehm, 24 years old. This is my twin sister, Lou-Anne Boehm. We started out studying together at the Estienne ESAIG school, which specializes in the Arts and the printing industry, very specific techniques. Then we moved into textile design. I did a BTS [technician certificate] in Fashion design, Textile and Environment in the track "Textiles, Materials and Surfaces", specializing in Weaving and screen printing at the ENSAAMA Olivier de Serres school. In a nutshell, it was about creating new materials and new fabric collections. I specialized in textile printing and weaving. The program also included courses on fashion history, fabric technology and chemistry in order to teach students about the process of fabric manufacturing. It's a very traditional program, so anything you might call textile electronics innovation, I had to teach myself in hackerspaces in Paris. I started developing my first electronic textile prototypes in 2011.*

***Lou-Anne**: During this time, I was studying at the École Supérieure des Arts Appliqués Duperré [Duperré School of Applied Arts] to get a degree in the Art of tapestry. We focused on textile structure, techniques done entirely by hand, from the micro (needlework) to macro-level (making volumes using various techniques). That's when I realized I wanted to bring together these traditional techniques with other, more contemporary ones, like laser cutting and using synthetic materials. I finished my studies in the field of textile innovation at ENSAAMA Olivier de Serres by proposing the "Shapeshifter" project, which focuses on the ideas of hybridization and metamorphosis. I created a collection of composite and multi-technique fabrics, and introduced traditional plumasserie in the field of smart fabrics. The final prototype was a vest with interchangeable pieces and that changed colors in response to its surroundings. I wanted to really increase the capacities of a garment so it would last longer, and thereby change modes of consumption. Incidentally, this project won the Start Ups award at the last FashionTech Week at the Institut Français de la Mode in Paris.*

***N**: Then, we did an FCIL training [Local Initiative Complementary Training] at the Octave Feuillet school. It's a unique program in France that provides training in haute couture professions. It's not very well-known but it's demanded by the big Parisian haute couture houses, that is, in couture trims in plumasserie and artificial flowers, millinery, hand embroidery and hand-guided machine embroidery and crochet. We were trained in these techniques for a year in classes and several Parisian workshops.*
I continued working on my idea of integrating electronics into textiles. The challenge was, for instance, integrating optic fibers into a different material designed with a traditional millinery technique. For the degree, I made a jacket entirely embroidered by hand and with a Luneville crochet hook, replacing the standard fabric with PVC, in other words, plastic. I embroidered LEDs on the inside that were connected to glass beads to give it a new look, to give off light by other means so as to add a poetic, new perspective to this traditional technique.

***L-A**: And I pursued an undergraduate, then a Master's degree in design at the University Paris 1.*

***N**: At the time, there were practically no programs in textile innovation in France. I had to choose between going into debt to pursue my studies abroad, or stay in Paris and see what was happening in the new technology field. I knocked on doors and said, "I work in textiles. Do you have any work for me?" I started studying at Strate College, a school that offers a Master 2 in industrial design, with a focus on connected objects & interactive systems. This program really focused on connected objects, services, new tangible interfaces, user experience...really the entire user experience process. I got a chance to do textile electronics projects. So, I was able to get training in a lot of things in addition to*

my studies in textiles. So, there you have it – the whole epic story.

M: What do you do now?

***N**: I'm a freelance designer, I do consulting work and, at the same time, I'm building my start-up. For instance, I can define a benchmark for a textile innovation theme, come up with conclusions and advice, source technology that could be integrated in a certain textile or certain context. I also get projects where I completely lead the design aspect: for example, I've been working for a year now with a start-up in the healthcare field that wants to create a connected t-shirt. I source the technologies as well as the textile design and the t-shirt, I integrate the electronics into the textile and make the prototypes. I made the first four prototypes, then I handed them over to dressmakers who take care of the pre-production. In electronics, we discuss feasibility with the client and their electronics provider, and we each explain our requirements, for example, we might try to integrate electronics in such-and-such a place so it's less rigid and easier. I contribute my knowledge to help make the most suitable product. I always get very different requests. For example, a big, French ready-to-wear line that was generally concerned about innovation asked me to combine staff training and fashion innovation culture, so as to later manage team projects. One of the projects was to create one of the first electronic garments for the general public. My work is very diverse, but as a freelancer, I always work on the design, generally the prototyping, and I then give that to service providers who carry out production or pre-production.*
And for my start-up, I'm developing an interactive shawl. I designed the product, its experience and the service surrounding the shawl. I made a prototype of the shawl and other prototypes that go with it. Right now, my start-up is incubated at CETI. I'm looking for service providers who can make the pre-production. Then, I have a partner who will have the shawl tested. Based on the feedback, I'll be able to improve it and get funding, so I can get it produced on a large scale and sell it. Currently, I'm going from the "handmade prototypes" stage to a workshop-made pre-preproduction.

M: How about you, Lou-Anne? How do you develop your collections?

***L-A**: I worked for a year on a collection, in which I took four very different paths. But everything was connected at the thematic level, which focused on the metamorphosis of matter, of shapes. I worked on creating "shape memory" material and worked, for instance, with nitinol. It was very difficult to develop; a new way of creating patterns needed to be invented. I had to create patterns using magnetic fields! I also worked on bringing together plumasserie and synthetic materials, new textures, by mixing quite a few techniques, and I worked on smart pigments. These pigments react and change colored materials, and these variations are enhanced by traditional featherwork. I really wanted to see how far I could go with this material, to push its limits, and above all, make it contemporary. I'm always interested in the relationship between tradition and innovation.*
The process is now patented. I'm turning to partners for the development of a capsule collection, which is more in the field of interior design, furniture, lights. For example, you could apply the principle to curtains, board, etc., which enhances the material and interacts when used. It's imaginable that heat and light will have an effect on the colors... It's always a question of finding new product applications in relation to the quality of the material; it doesn't stop at interior design. I really expect to make connections in order to launch new ideas and applications for these materials that I created.

***N**: For now, your capsule collections are still unique pieces that you personally make by hand.*

***L-A**: Any industrialization technique would be tricky at the moment, or else what I developed by hand would have to be incorporated industrially. But there are so many steps required to make it that the industrialization of a single sample would be impossible. It can only be done by hand! But it would be interesting to see how to transpose it industrially. Reactive ink is still underdeveloped and costly. Their hold over time could also be improved; even with several layers, it sometimes flakes and fades. It's very sensitive, which is also why I turned toward its application for clothes for my degree, but now I realize that these products can't be worn. They aren't washable, and this is another factor in pushing them toward other applications and other styles of products.*

M: What are some of the motivations, the artistic and creative intentions at work in your projects? What issues or questions do you try to address?

***L-A**: At the very start of this project, there was my work on metamorphosis and the hybrid body – the idea of the hybridity of people's bodies and of greatly enhanced capabilities from the point of view of aesthetics or of physical strength. The principle of "metamorphic hybridization". I wanted to apply it to materials to see how we could create materials capable of metamorphosing, and heighten the possibilities of the material. We could still use feathers within this idea of hybridization because, in looking at the texture, a feather could become a blend between a bird, a fish... or it might remind us of an insect, a butterfly, a beetle... I wanted to create materials "in metamorphosis" because the drawing at the heart of the project was a garment with several interchangeable pieces: each piece could change color, and for me, it was also a way of doing more with a single garment. The more possibilities we give it, the more it can change, and the more we can wear it in different ways. We can wear a single garment instead of four.*
It's a basic garment with interchangeable pieces, so it's a consumption issue. It's also a garment with great quality, a high added value, so we might keep it longer. It's about sustainability on various fronts.

***N**: My thinking ties in with Lou-Anne's. I work in the space where technology and emotion intersect, so it's no longer human beings who have to adapt to the rhythm of technology – because we now know the drawbacks of that – but technology that, once and for all, tries to adapt to the rhythm, the needs, the desires and the sensibilities of human beings. Part of my thesis work was about analyzing the indirect effects of consuming technology, for example, people who grow sensitive to radiation. There are teenagers who tell me they can't take it anymore: they receive 70 notifications a day, they have to pretend they're not there*

or didn't get the message, so they don't have to answer the phone. I find it dysfunctional. We're starting to hide from technology because it's too invasive. We see burnouts at work... I think it's unfair that we've created this technology, and we have to keep up with it and adjust to it...

***L-A**: I also find that your approach is like a new humanism. It puts human beings back at the center of technology use.*

***N**: What we're currently creating is a shawl that communicates. These days, if I want to convey an emotion to loved ones, I can choose between the telephone and video. But that means I have to stay still for hours before the screen, or have a phone stuck to my ear, not to mention the radio waves. There's also the problem of interruptions in your work or your private life. I'm intrigued by these problems of interruptions and those related to the quality of the experience, which isn't immersive enough – we can't hear very well, the line breaks up... At an emotional level, we're not able to convey what we want to. You can share much more than your voice and image! Someone's presence can also be felt through heat, a touch, and other things that are left unsaid... We don't get any of that with current tools of communication. This is why, since 2015, we've been developing Maase, the first companion shawl for relaxing and sharing feelings.*
Maase is an asynchronous communicating object made for its user, who decides when they want to receive thoughts and gestures from their circle. This interactive shawl is designed to bring moments of relaxation to your day, and it gives off an ambiance through sound, sight and touch, which can be combined any way you like, so it supports and personalizes these moments of being disconnected. It's a cocooning product for indoor use, for those moments when we choose to make time for ourselves and unwind. The first version, Maase Disconnect, helped its user relax. The second version, Maase Reconnect, which was more scalable, helps users reconnect with those closest to them.
So, the messages created by Maase are much less generic, and address your senses and physical body more than your standard digital messages. With Maase, users can send and receive a sound, an image, a vibration, heat – all unique and precious thoughts materialized. Because of its different temporal cycle and its slower rhythm, the interaction is less frequent, more personal and qualitative. The communication goes through a medium that's much more personal and embodied than a cold, standardized technological tool. The shawl is an accessory that combines the warmth and comfort of fabric with immersive, individualized interaction that's designed to emit as little radiation as possible. Maase is as much intended for the general public as it is for the alternative therapy and healthcare industries.

M: How do you develop your projects, and do you handle the manufacturing of your designs?

***N**: I developed the first two prototypes with the help of electronic-textile parts that I worked on in order to be able to include electronics in textiles. I wanted to create something more personal, so I developed them myself using parts available in stores. These two prototypes were tested by users at home, so I could get feedback. I also take part in quite a few trade shows, and I was able to improve the prototype, make it smaller and lighter. I also changed the electronic components and reduced the overall shape of the shawl. Then, the main demand had to do with power durability over the long run, energy performance. In the second version, the electronic components aren't washable but they're isolated from water. Now I'm working on sourcing electronic components that are embedded in the fabric, not fragile and washable. I'm working with various service providers to kick off my offerings and to see which one last longer, has better value for money and will eventually be washable. Obviously, this can't be done in a*

day, but the short-term solution is to isolate the electronic pieces, like we do for children's toys... The case would be isolated so we could still wash the shawl. Ideally, we would eventually be able to wash it without removing the electronic parts. The research is in progress!
Korian, the European leader in successful aging is our first collaborator to date. They want to use the shawl as emotional therapy for people who need emotional comfort, like those who lack affection or suffer from dementia. But they sometimes make unpredictable movements, so it's important to make a shawl that's strong enough and washable. I got initial funding from the Nord region, which covers about half the expenses incurred for these early prototypes, and I'm looking for other funding to supplement that.

M: How does the interactive shawl project give rise to interaction? How does it lead the user to interact?

N: *The first idea is to allow people who live far away from each other to share personal time and experience. Whether it's good or bad, the idea is to share a moment together. If we take the teenage population, they receive on average 70 notification a day, and when we take a look at the field research, we see that more than a quarter of the notifications come from people close to them. And that's what I've decided to focus on by creating an object that lets people communicate differently with their loved ones. The shawl lets you send very personal and sensory messages to improve the time shared over long distances. Then, the idea spread to parents and their children who live far away. For example, grandchildren who don't often see their grandparents, or people who are temporarily paralyzed and live far from their family and need to communicate during this vulnerable period...*

The twins make a complementary duo: Lou-Anne is interested in the notion of metamorphosis and interaction with material, as well as new composite and reactive materials, while Nancy focuses on resolving issues related to interaction and low tech. In their professional lives, they have a wide set of skills and can intervene across the whole value chain of a project (including training, production, consulting, sourcing, prototyping, etc.) Their "Twin Paris" studio offers companies their services.

■ *Azza Stamboudi*

Transcription d'une interview réalisée avec Claire Eliot : styliste, designer et enseignante, février 2107

Eliot.claire@gmail.com

1- **Qui êtes- vous ? Quel est votre parcours de formation ?**

J'ai fait école du Périph en mode et ensuite design industrielle à l'Ensci. Et en fait, j'ai combiné mes deux compétences, c'est à dire design industrielle et mode pour faire justement des vêtements connectés et surtout l'intégration des nouvelles technologies dans le textile. C'est issu du fait qu'après ma formation au Périph que j'ai découvert à l'Ensci tout ce qui été prototypage numérique, l'électronique, à la modélisation 3D, exploitation des nouveaux matériaux par exemple et d'où j'ai commencé alors à m'intéresser à la nouvelle technologie.

- **Comment travaillez-vous ? (En agence, en indépendant ?)**

Je travaille dans les deux.

Je suis devenue assistante technicienne dans une boîte d'art numérique mais là, j'ai vraiment travaillé dans le dur au niveau de l'électronique et de la mécanique. J'ai travaillé avec des ingénieurs sur des prototypes artisanaux et numériques puisque l'art numérique c'est forcément des prototypages artisanaux et du coup il faut voir, créer le système en prototypage. Donc ça peut être de la robotique poussée et qui va être pour un produit qui ne va pas passer par l'industrialisation. C'est ce qu'on appelle l'artisanat numérique.

Et ensuite je me suis servie de mes compétences pour pouvoir être enseignante dans trois écoles différentes.

La première école qui est Strates collège – design industrielle donc là j'enseigne vraiment design d'interaction et objets connectés. Donc, c'est un peu des compétences qui font interaction entre design et ingénierie pour former les designers à un savoir parler à des ingénieurs en ayant des compétences en électroniques pour justement faire des produits de haute technologie.

La deuxième école est Paris collège, donc là c'est une école de mode pour un module en master qui s'appelle E-Tech, E-Fashion. Et donc là c'est vraiment l'intégration assez douce des technologies. Comment est-ce que les designers vont réussir à s'emparer des nouvelles technologies. J'apprends à mes étudiants à maîtriser les nouveaux outils numériques, à sourcer de nouveaux matériaux et à savoir comment les utiliser et les intégrer à ce que nous appelons la E-Fashion. C'est faire de la haute couture, du coup, par une maîtrise artisanale. Mon expérience dans l'art numérique m'a beaucoup servi à avoir ses techniques artisanales par exemple de l'intégration de tous ces systèmes un peu innovants.

En troisième partie, je suis professeure dans deux écoles d'ingénierie en tant qu'intervenante. Je donne des cours en design à des ingénieurs et c'est différent.

Je suis Freelancer, je travaille pas mal sur l'assemblage de système qui vont en prototypage avant l'industrialisation. Je travaille pas mal sur l'électronique liée au wearable sinon comme designer dans l'innovation en tant que consultante pour des boîtes d'innovation tel que Moda. C'est un accompagnement pour les grosses entreprises pour justement accélérer le prototypage des produits. Ça c'est différent mais tout se regroupe au niveau du design de cette interaction, de cette interface entre design et numérique. J'expose aussi mes prototypes sur la fibre et les textiles innovants.

- **Comment vous décrivez votre pratique de création ?**

C'est plus technique.

Est-ce que vous travaillez toute seule ou en collectif ? (Processus de réalisation de projets de A à Z : concepteur/réalisateur ou concepteur et vous réalisez en sous-traitance)

J'ai mes propres projets ou je fais des vêtements connectés à mon nom mais qui sont plutôt des produits qui permettent l'intégration de la technologie. Des produits vitrines pour exposer les fibres et les textiles innovants. Je ne développe pas de concept pour l'industrialisation. C'est des vêtements qui sont prototypés pour montrer que je suis une experte dans la micro-électronique et dans l'intégration des nouvelles technologies. La modélisation en 3d me sert

beaucoup pour des systèmes d'attaches ou d'assemblage pour justement suivre les problématiques via l'intégration des circuits électroniques.

- **Quels sont les acteurs ? Est-ce qu'il y a d'autres concepteurs, d'autres personnes qui ont contribué à penser le – les projet (s) et à le – les réaliser ?**

Je travaille avec des amis développeurs parfois parce que j'ai quelques lacunes en programmation dès que j'arrive à un niveau complexe. Comme je connais très bien l'électronique, je fais appel à un développeur et on fait des échanges. Je travaille facilement avec des ingénieurs les projets que je prends en Freelance.

Vous sous traitez ?

Comme j'ai été formée comme technicienne je suis autonome. Je fais le design et après je fais les prototypes moi-même. Mon envie de faire ça, est venu du problème qu'il est difficile en tant que designer de trouver quelqu'un qui pourra se mettre à ta place et faire votre prototype, de pouvoir vraiment lui transmettre ce qu'on pense, ce qu'on veut, notre imagination et notre point de vue.

Par exemple pour tout ce qui est interactif c'est mieux de le faire soi-même pour comprendre ce qu'on fait, les interactions qu'on va faire. On est plus proche de la fonctionnalité quand on la fait sois même et du coup pour moi c'est hyper important car en tant que designer je n'ai jamais été créative. Mais je suis plutôt du côté technique a aimé tout ce qui est technicité dans le design et le côté forme et fonction. Du coup c'est ça qui va rendre plus pertinente la création électronique. Moi, je vois toujours les étudiants designer qui inventent des produits qui ne sont pas réalisables parce qu'en fait ils n'ont aucune connaissance en électronique embarquée à l'intérieur. Donc, c'est pour ça qu'il est très important de savoir faire le prototype jusqu'au bout et au moins de savoir faire le premier prototype parce que pour tout ce qui est produit I-Tech il est primordial de joindre ces deux aspects de la production pour aboutir à un produit fini.

2- Quels sont les motivations et les intentions (créatives / artistiques) à l'œuvre dans vos projets ?

Les questions soulevées sont plutôt des questions sociales sur le rapport entre notre société – notre rapport aux autres personnes – notre rapprochement sociale et le vêtement interactif et du coup je fais des vêtements qui ne sont pas que beaux ou juste révélateur d'un comportement social. Des vêtements plus esthétique – par exemple j'ai un vêtement avec des LEds. Et en fait, les Leds vont s'allumer ou s'éteindre en fonction de l'environnement sonore. Il y a un capteur à l'intérieur qui va capter l'environnement sonore. J'ai un tee-shirt – communication sociale par le vêtement parce que pour moi c'est le vêtement qui a toujours permis un approchement social et le côté hyper changeant parce qu'on a toujours besoin de nouveauté et du coup le vêtement change grâce à la technologie et non parce qu'on procède à plusieurs achats. Une autre idée aussi est d'avoir un vêtement durable qui peut se modifier avec le temps et l'environnement. Il va changer d'apparence, il va permettre de communiquer. Ce là quelques concepts sur lesquelles je travaille et qui favorise tous ces aspects plutôt que la fonctionnalité par exemple un vêtement pour cycliste.

Quels sont les enjeux et les questions soulevées dans vos pratiques ?

Mes compétences sont l'intégration de l'électronique. Mes projets sont des projets concepts. Ce sont des projets artistiques qui me servent à valoriser un concept en tant que chercheuse mais de façon personnalisée. J'ai essayé d'entrer dans un doctorat mais le problème c'est que je voulais faire un doctorat au niveau pratique et à l'heure actuelle en France ce n'est pas vraiment possible. Pour l'instant comme ce n'est pas trop démocratisé il y a un vrai problème de secteur : ce n'est pas ni la science ni le design. Et en plus je voulais pouvoir faire quelque chose de pratique. La théorie c'est moitié moitié, il n'y a que les arts déco qui m'intéressent. Et du coup je me considère comme chercheuse indépendante. Mes recherches alimentent mon enseignement et cela me permet de faire certains jobs un peu spécifiques dans le e-textile. Pour l'instant mon but n'est pas de commercialiser, de faire un produit abouti et d'avoir un consommateur. Ça ne m'intéresse pas du tout. Moi c'est un produit de mode fondamentale. Montrer quelques choses par la recherche. Faire de la recherche sur comment utiliser mon produit c'est ça qui m'intéresse.

3- Pourriez-vous décrire en détail la conduite, le mode de conception et de fabrication d'un de vos projets sur la partie :

- **Outil**
- **Méthodologie**

- **Processus**

C'est là que je suis intermédiaire entre design et ingénieur. J'ai remarqué que d'abord j'ai une idée large. On commence par commander les composantes, par évaluer l'électronique, par faire les schémas. Là on se rend compte de pas mal de difficulté et au lieu d'essayer de résoudre des difficultés qui sont ingérables c'est-à-dire par exemple la batterie trop grosse parce que le système est trop lourd au niveau des ressources. Ça c'est des problèmes un peu insurmontables parce qu'il n'y a pas énormément d'avancées au niveau des batteries. Ils ont du mal dans les recherches à les réduire plus que ça. Les composants par exemples ça se réduit de semaines en semaines. On se trouve un mois après avec des composantes qui vont faire 1cm, qui vont faire 5-6mm deux semaines après. Ça au niveau de la microélectronique ça évolue beaucoup. Pour tout ce qui est batterie c'est plus compliqué. Pour pouvoir anticiper cette problématique-là plutôt que de modifier, essayer qu'un générique colle absolument le design. Du coup c'est des interactions comme ça entre design et technologie.

Étant donné que je fais tout moi-même, je n'ai pas de processus méthodologique établi à part celui de faire beaucoup de sourcing sur les systèmes, les composants et les textiles pour essayer d'évaluer ce que je peux faire. Ensuite, j'établis le concept. Je fais presque la méthode inverse – au lieu d'avoir une idée, j'essaye de voir quel comportement il y a sur le marché qui pourra être intéressant.

Azza : (à l'inverse) Vous travaillez l'électronique avant de concevoir le vêtement.

Elle : ce qu'on appelle un peux reversing genering. Par exemple, moi, pour apprendre l'électronique, j'ai démonté énormément de machine par exemples des imprimantes. Ça m'a permis de voir presque comment les mécanismes étaient faits pour contrebalancer dans l'art numérique. Donc, on démonte énormément de machines industrielles et c'est ce processus qu'on appelle reversing genering.

Quelle ouverture à l'interaction dans le projet : en quoi l'usager est amené à interagir ? Quelles sont les ouvertures autour de l'interaction

Je fais que des vêtements autonomes où l'utilisateur n'a pas à agir sur le vêtement à part l'allumer et l'éteindre. Le reste du temps ça se modifie par rapport à des capteurs (son, couleur, lumière, mouvement, etc.) qui vont capter quelque chose de l'environnement. Et du coup c'est ce qui rend le vêtement autonome. J'ai mis sur les uns un panneau solaire pour que l'utilisateur puisse ne pas avoir à recharger la batterie. En fait, dans l'un des projets il y a du Led, un capteur de lumière et quand il commence à faire suffisamment nuit le capteur de lumière va détecter ce changement et du coup le vêtement va s'allumer. Il y a un panneau solaire à l'arrière qui se recharge la journée. L'utilisateur n'a rien à toucher et ça c'est vraiment le but à atteindre- avoir des vêtements complètement autonomes.

4- Qu'est-ce qui vous semble être important aujourd'hui dans l'arrivée de la technologie dans le design textile ? Qu'est-ce que ça a changé ? Qu'est-ce que ça va changer ?

C'est justement la recherche sur le vêtement durable. Pour moi, les matériaux innovants que ce soit l'électronique embarquée, que ce soit l'imprimante 3D c'est des réponses aux soucis qu'il y a dans le processus de fabrication actuel dans le système de la mode et le système de consommation aussi. Les gens consomment énormément de vêtement. Il vaut mieux d'en acheter un qui va durer longtemps. Et du coup pour moi, le fait d'inclure la technologie et d'aller vers le vêtement Tech ça permettrait à ce qu'on ait une nouvelle consommation de vêtement justement plus raisonnée. D'avoir un système embarqué, ça fait qu'il pourrait être modifié au niveau esthétique- au niveau de pleins de paramètres. Des paramètres qui seront intéressants pour pouvoir faire la modification.

Transcription d'une interview réalisée avec Clara Daguin : designer, Février 2017

- Qui êtes- vous ? Quel est votre parcours de formation ?

Je suis une designer franco-américaine, j'ai un Bachelor de Graphic Design et un Master de Mode.

- Comment travaillez-vous ? (En agence, en indépendant)

Je travaille en indépendant pour ma marque et parfois en freelance pour d'autres.

- Comment vous décrivez votre pratique de création ?

Je la décrirai comme interdisciplinaire, car je mélange l'informatique, l'électronique, et les outils traditionnels du vêtement.

- Est-ce que vous travaillez toute seule ou en collectif ? (Processus de réalisation de projets de A à Z : concepteur/réalisateur ou concepteur et vous réalisez en sous-traitance)

Je conceptualise seule et sous-traite des parties du travail, mais je touche généralement à tout.

- Quels sont les acteurs ? Est-ce qu'il y a d'autres concepteurs, d'autres personnes qui ont contribué à penser le – les projet (s) et à le – les réaliser ?

Je demande de l'aide surtout pour la broderie et les réalisations de patron, car cela prend énormément de temps.

- Quels sont les motivations et les intentions (créatives / artistiques) à l'œuvre dans vos projets ?

L'intention est avant tout artistique, d'exprimer une émotion ou une idée.

- Quels sont les enjeux et les questions soulevées dans vos pratiques ?

Je réfléchis beaucoup à la place qu'a la technologie dans nos vies. Elle semble s'étendre dans tous les domaines. Cette omniprésence est de plus en plus évidente et transforme nos comportements et nos relations. Nous avons une relation ambiguë avec elle car même si nous sommes de plus en plus accros et dépendants, nous savons qu'elle peut aussi être nuisible. C'est cet entre-deux que j'aime explorer.

- Pourriez-vous décrire en détail la conduite, le mode de conception et de fabrication d'un de vos projets sur la partie :

- outil

L'organza de soie, les fils plastique, un microprocesseur, du fil conducteur, des LEDs ou d'autres composants électroniques.

- méthodologie

Faire des collages pour avoir des idées de volume, passer par le modélisme classique pour arriver à une forme en 3D, réaliser la pièce avec les matières finales.

- processus

J'expérimente en parallèle les formes 3D du vêtement et les broderies puis associe les deux sur le vêtement final. S'il y a une interaction électronique, je fais les câblages en test sur un breadboard avant, puis intègre le tout en même temps que la broderie, cela en devient partie.

- Quelle ouverture à l'interaction dans le projet : en quoi l'usager est amené à interagir ? Quelles sont les ouvertures autour de l'interaction

Plus les capteurs deviennent petits et discrets, plus les intégrer est facile. Cela donne énormément d'ouvertures surtout pour les firmes du big data, qui pourraient capter les mouvements, les signaux vitaux et autres informations personnelles. Dans mon travail l'interaction est propre au vêtement, elle ne sort pas de son circuit et n'est pas « connectée » à internet.

- Qu’est-ce qui vous semble être important aujourd’hui dans l’arrivée de la technologie dans le design textile ? Qu’est-ce que ça a changé ? Qu’est-ce que ça va changer ?

Rendre les textiles intelligents dans le sens de la micro technologie (antibactérien, etc) changera notre mode de lavage, et de consommation si ces tissus sont plus résistants, mais pas la manière dont on les porte car la forme des vêtements semble rester la même. Les capteurs et les textiles intelligents par l'électronique changeront notre manière de penser le vêtement, car celui-ci sera relié à autre chose que simplement notre corps. Donc on pourra le penser comme un outil de bien-être, mais aussi avoir la conscience qu'il transmet des informations à d'autres.

Transcription d'une interview réalisée avec Alice Gras : fondatrice et président de l'association ''Fashion Tech"

Elle dispose d'un espace de travail partagé de culture dédié à la création de mode.

Cet espace est certainement un lieu de croisement parce que c'est un salon qui a pour vocation de devenir le lieu de rendez-vous international de la mode high Tech. Donc à un moment donné de rassembler toutes les intelligences qui s'intéressent à ce sujet-là, à ce croisement-là.

J'ai le sentiment qu'il y a encore beaucoup de gens qui viennent de la mode et s'intéressent à la technologie donc qui vont avoir des produits à finalités très esthétiques mais qui nécessitent des collaborations d'ingénieurs pour pouvoir fonctionner correctement. Ou, à l'inverse, des projets de personnes qui viennent du milieu de la Tech : underground globen innovation ou même du mouvement de vacure space beaucoup d'informations qui fonctionnent sur un modèle de partage et là on va avoir des projets qui vont être finalement très intéressant, très innovant ; parfois même de véritables œuvres d'art. Mais sur le plan de l'esthétique, on n'est pas dans des projets de mode, qualifiés de mode au sens Français du terme mode (haute couture, stylisme). Et après tous les projets n'ont pas la même vocation.

Certains comme les Start up qu'on voit aujourd'hui ont clairement des velléités commerciales qui veulent que les gens utilisent, achètent leurs produits pour s'en servir au quotidien. Être obligé d'adopter un choix de business modèle. Il y des projets comme ceux que réalise Claire qui n'ont pas du tout cette vocation-là. Qui sont des projets de démonstration qui interrogent la société – comme vocation artistique ou manifeste et on n'est pas du tout dans la même finalité. Nous, avec l'association, on s'intéresse à toutes ces pistes-là. On se positionne comme un épicentre qui crée les interactions entre ces différentes visions pour finalement créer un écosystème prospère de gens qui réfléchissent à l'avenir de la mode.

Notre conviction à tous, qu'on soit chercheur, artiste, designer d'interaction, Start up à la fin c'est qu'on va devoir, dans la mode, à un moment donné, se préoccuper des enjeux de société et penser que la mode de demain sans devoir se priver de ce qu'apporte les nouvelles technologies dans ce domaine. L'art numérique amène des possibilités pour les créateurs qu'on n'avait jamais eu auparavant par exemple, moi, j'ai un espace de travail partagé de

culture dédiée à la création de mode dans lequel travaillent des jeunes entrepreneurs de la mode qui ont des projets de niches innovantes. En fait, ils s'appuient sur une communication numérique finalement accessible à tous pour commencer à développer leurs projets et ça c'est quand même tout à fait pertinent pour l'avenir de la mode.

Qu'est-ce qui vous semble être important aujourd'hui dans l'arrivée de la technologie dans le domaine du design textile ? Qu'est-ce que ça a changé ? Qu'est-ce que ça va changer ?

C'est une très grande question parce que la technologie peut intervenir à différents niveaux. Elle peut intervenir au niveau de la fibre même comme on l'a vu avec des projets comme Primo aD où ils ont choisi d'utiliser d'intégrer de la RFID dans la fibre pour la traçabilité mais ça peut être utilisé différemment. On peut avoir de l'innovation au niveau du produit même et c'est un travail d'intégration de In duo.

Enfin, il y a pleins de possibilités au niveau des produits finis. Il y a des possibilités d'innovation également au niveau de la conception : est-ce qu'on ne produira pas demain nos vêtements nous même dans des Fab Lab avec des machines à commande numérique. Est-ce qu'on ne va pas renouer avec la tendance « Do It Yourself » avec des façons de créer des vêtements qu'on imprime chez soi. Finalement, on passe à internet pour avoir un patron qu'on imprime et qu'on monte chez soi. Donc, il y a aussi le numérique qui peut s'intégrer à ce niveau-là. Et enfin sur la façon de consommer, le rapport qu'on aurai avec la partie finale du processus de vente en boutique. Est ce qu'on ne viendrait pas essayer virtuellement des vêtements. Là encore, on va imaginer que le numérique révolutionne la manière dont on vit la mode au quotidien. Et donc, dire comme ça : Ce que moi je pense être le plus intéressant. En fait, moi je suis particulièrement sensible à l'idée de créer déjà des espaces sur quoi je travaille, des espaces interdisciplinaires de rencontre et d'échange dans le domaine de la mode et de repenser avec les nouvelles technologies notre façon de produire et de consommer parce que j'avoue que je suis assez sensible à la dimension environnementale et au respect des travailleurs mais maintenant est ce que je suis juge pour dire qu'il est plus intéressant d'introduire de la RFID dans la fibre ? Enfin je pense que dès lors qu'on est dans la recherche fondamentale – qu'on ouvre une petite porte sur le savoir : c'est intéressant. Il n'y a pas de jugement de valeur. Après ce qu'on décide d'en faire, ce que les entreprises

décident d'en faire et comment le droit accompagne tout ça, c'est ce qui compte véritablement. Quand on a une entreprise hyper performante comme Google qui décide de racheter une technologie bien souvent, elle utilise cette technologie d'une manière très différente de celle à laquelle avait pensé possiblement les premiers créateurs de celle-ci. Voilà ce qui me paraît important, c'est de pouvoir accompagner par la législation, mais aussi par la pédagogie, le partage d'informations. Disons aussi d'aller dans le sens de l'intégration des personnes dans le processus, de faire comprendre aux gens un maximum de choses : pour moi c'est ça en fait qui va nous permettre de prendre les bonnes directions et d'intégrer ces technologies de différentes manières positives véritablement au service des citoyens, au service du développement durable, au service de la société et d'avantage que de dire que telle ou telle technologie a révolutionné le champ de la mode et l'a changé : c'est l'impression 3d ou c'est la réalité virtuelle ou autre. Je pense que ça sera un peu prétentieux de s'arrêter sur une technologie ou sur comment utiliser cette technologie.

Transcription d'une Interview téléphonique réalisée avec Élisabeth de Senneville : créatrice de mode, styliste et techno-designer en textiles innovants

www.elisabethdesenneville.com

Qui êtes-vous ? Quel est votre parcours ?

Je travaille avec des labos et des ingénieurs et me suis spécialisée dans ce secteur. Il s'agit de faire des vêtements intelligents qui, par exemple, suppriment la pollution, deviennent des écrans, qui sont communicants. Des vêtements qui changent de couleurs et véhiculent un certain imaginaire à travers ces technologies.

Je travaille actuellement sur des tissus photoluminescents qui se changent en lumière et qui la restituent. J'ai créé le seul vêtement avec des plaques photovoltaïques qui chauffent l'intérieur. Pour le néoprène perforé au laser, j'ai développé avec succès toute une nouvelle ligne de vêtements. J'ai aussi fait des chaussures en néoprène pour Arche et des vêtements de vélo lumineux pour B'twin. De nombreux groupes me contactent aujourd'hui quand ils pensent au futur.

Vous êtes devenues une spécialiste internationalement connue ?

En 2006, je suis rentrée à l'école des arts décoratifs comme professeure d'innovation en textile et en vêtement. On m'a prise pour le professeur Tournesol. Par ailleurs, suite au prix de l'Innovation du Comité de luxe que j'ai reçu en 2003, j'ai été invité à faire des conférences au MIT et j'ai collaboré deux ans avec Media Lab à Boston.

Comment voyez-vous l'évolution du métier de créateur ?

Il y aura de nouveaux souffles avec des identités différentes forcément tournées vers le futur.

(Durant cette interview, j'ai été interpellée par un de ses collaborateurs. Voici l'échange qui s'est déroulé entre nous.)

Je m'appelle Michael, je travaille avec une créatrice qui s'appelle Élisabeth De Senneville, et qui en 2003 a créé le vêtement anti-pollution. Donc à l'intérieur, il y a de la poudre de carbone qui filtre l'air, qui filtre la pollution des villes tout simplement, et ça nous permet de respirer et d'avoir le corps protégé de la pollution.

C'est un tissu technologique issu de la recherche, elle a beaucoup cherché pour créer ce vêtement. En fait c'est une chercheuse très connue qui mixe le textile avec l'innovation.

Elle utilise aussi de la fibre optique pour faire des vêtements lumineux : des robes avec comme un collier, vous appuyez sur un bouton la nuit et le collier ressort.

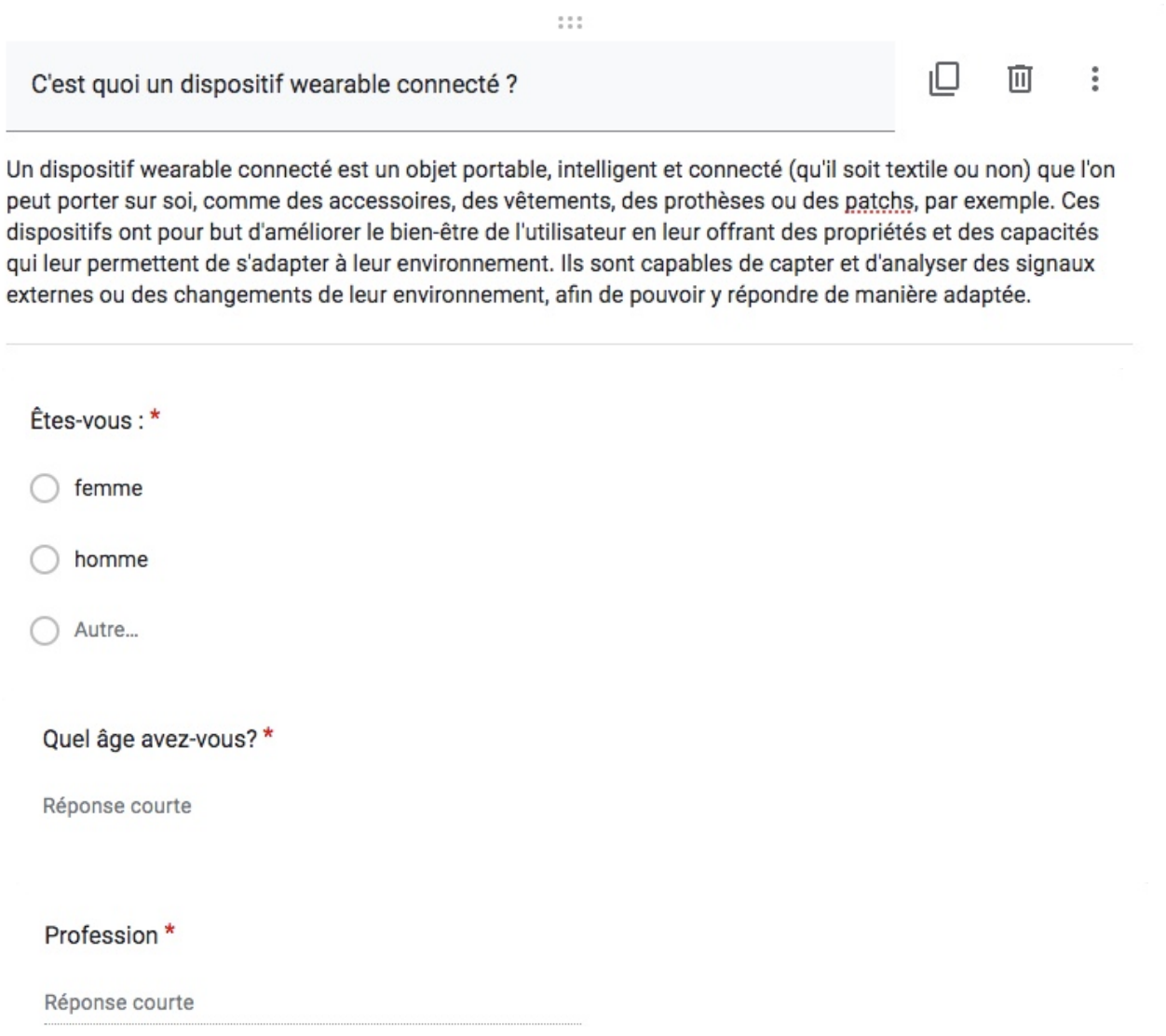
Elle a travaillé beaucoup le néoprène, c'est les membranes et c'est un peu les vêtements techniques qui sont utilisés pour faire de la plongée sous-marine. Ça respire, ça garde la chaleur, ça couvre bien.

III. Interviews

Questionnaire 1 (en ligne)
Les dispositifs portables intelligents connectés (non textiles ou textiles).

Dans le cadre d'une thèse de doctorat, nous vous sollicitons pour votre participation à cette étude sur votre comportement par rapport à l'utilisation des dispositifs portables intelligents connectés, qu'ils soient textiles ou non textiles. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, votre opinion est la seule qui compte. Le but n'est pas de juger la cohérence d'une réponse par rapport à une autre. Veuillez répondre de la manière la plus spontanée possible, même si vous avez parfois l'impression de vous contredire.

Nous vous remercions d'avance pour votre participation et votre sérieux.



Pays *

Réponse courte

Connaissez-vous les dispositifs portables connectés ? *

- ○ Oui
- ○ Non
- ○ Autre...

Avez-vous essayé ou utilisé un ou des dispositif(s) portable(s) connecté(s) textile(s) ou non textile(s) ? *

- ○ Oui
- ○ Non

Quel(s) type(s) de dispositif(s) intelligent(s) ?

- ○ Textiles - vêtements
- ○ Non textiles - accessoires

Quel(s) type(s) d'accessoire(s) intelligent(s) ?

- ☐ Montre intelligente / Smartwatches
- ☐ Bijoux intelligents (bague, bracelet, collier,...) / Smart Jewellery
- ☐ Suiveur d'activité physique / Fitness Trackers
- ☐ Autre...

Quel(s) type(s) de vêtement(s) intelligent(s) ?

- ☐ T-shirt intelligent
- ☐ Veste intelligente
- ☐ Pantalon intelligent
- ☐ Autre...

Dans quel domaine d'application ? *

- [ ] Mode high tech / "Fashion Tech"
- [ ] Santé, soin médical / "healthcare"
- [ ] Sport, fitness et bien-être / "Sportwear"
- [ ] Sécurité et protection professionnelle / "Workwear"
- [ ] Autre...

Pour quel(s) but(s) ? *

- [ ] Efficience : efficacité, gain de temps et d'argent
- [ ] Assistance et monitoring
- [ ] Suivie de la tendance
- [ ] Accès aux services et analyses personnalisés (suivre les exercices physiques)
- [ ] Sécurité
- [ ] Confort
- [ ] Autre...

Quel est votre avis sur l'impact du vêtement intelligent sur la vie humaine ? *

- ( ) Positive
- ( ) Negative

Quel est votre avis sur l'impact du vêtement intelligent sur l'interaction social ? *

- ( ) Augmente l'interaction
- ( ) Diminue l'interaction
- ( ) Autre...

Comment l'avez-vous acheté ?

- ◯ En ligne
- ◯ En magasin
- ◯ Autre...

Quel est (sont) votre (vos) motivation(s) d'achat ?

- ◯ La performance
- ◯ L'aspect innovant
- ◯ Le prix attractif
- ◯ Autre...

Évaluer votre niveau de satisfaction pour l'utilisation de votre dispositif connecté *

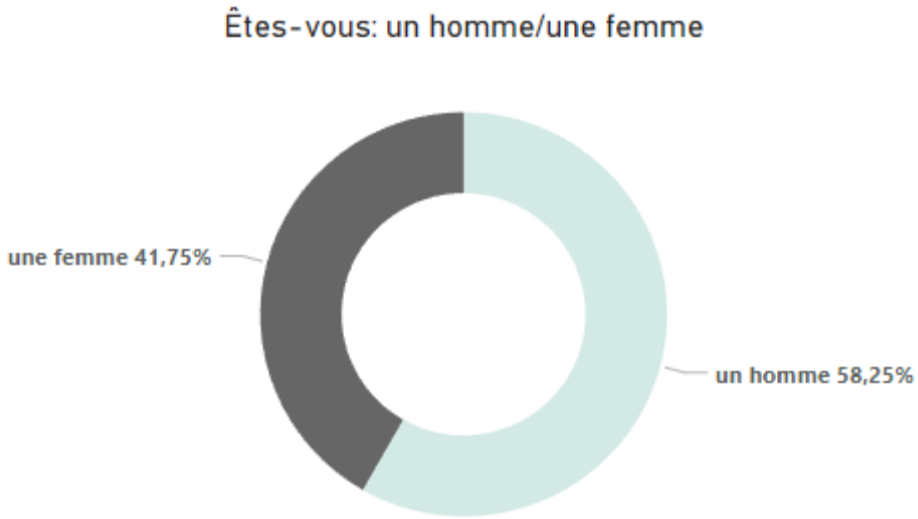
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pas satisfait	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	tres satisfait

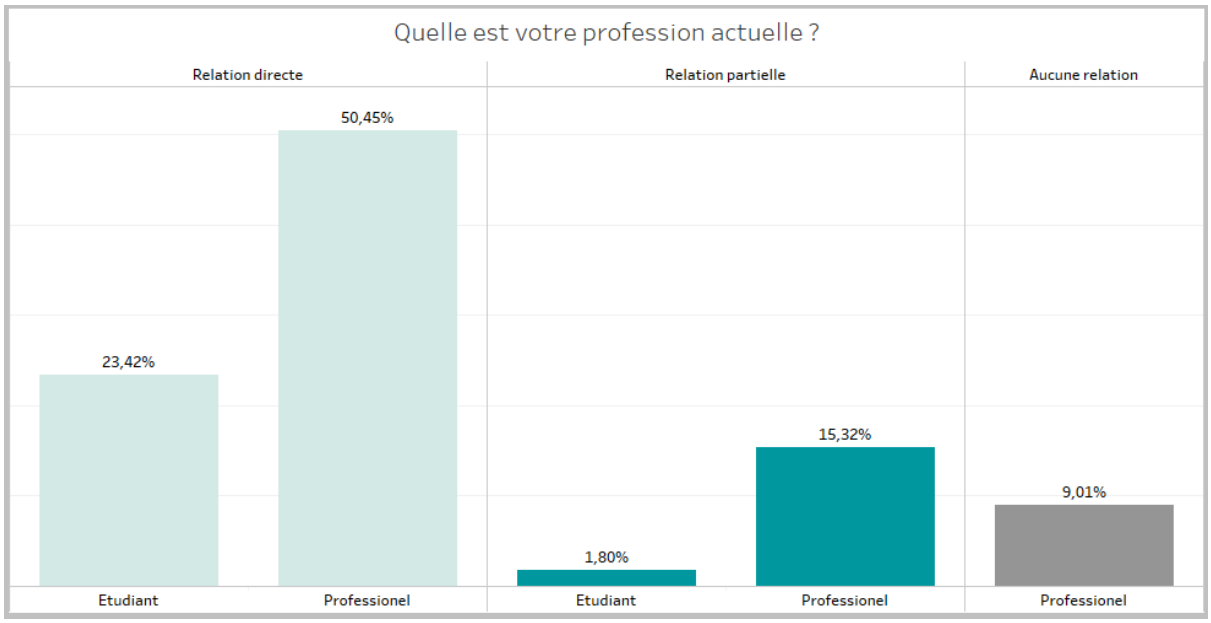
Encouragez-vous vos proches à utiliser les textiles et vêtements intelligents ? *

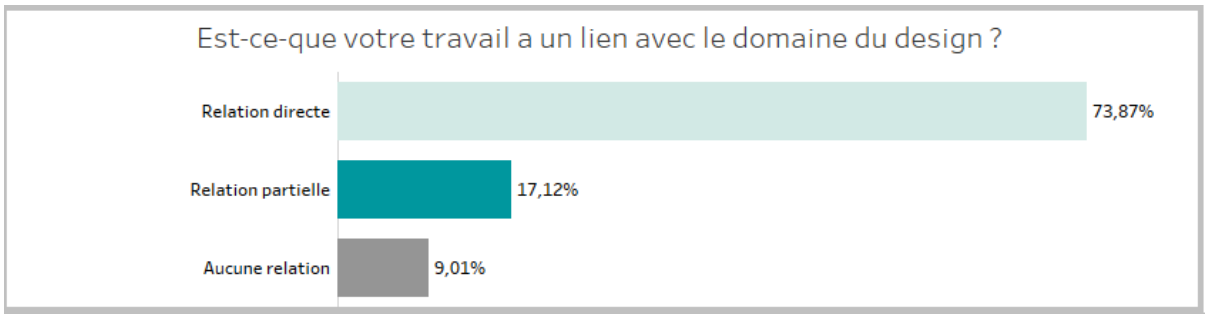
- ◯ Oui
- ◯ Non
- ◯ Peut-être

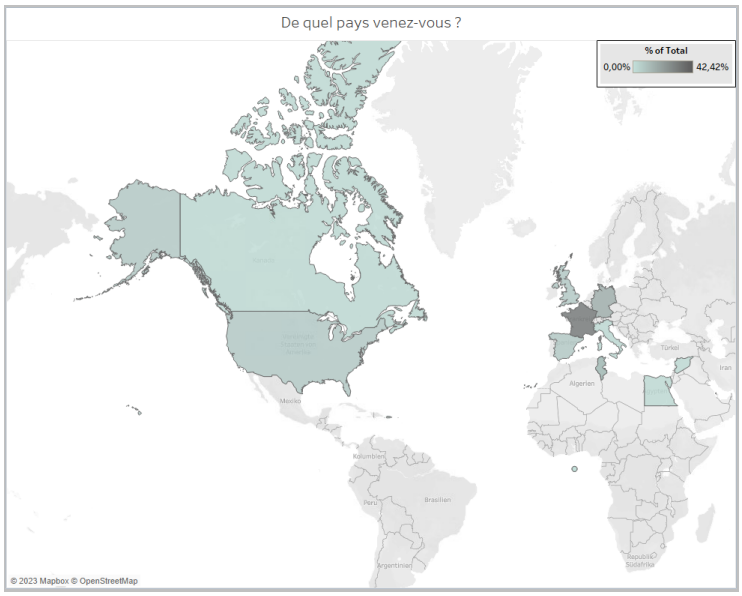
Graphiques des résultats du questionnaire :

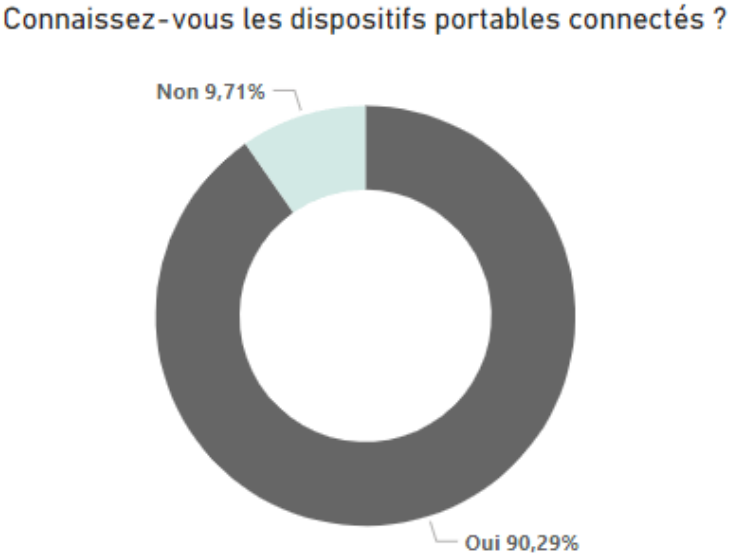
Les dispositifs portables intelligents connectés (non textiles ou textiles).

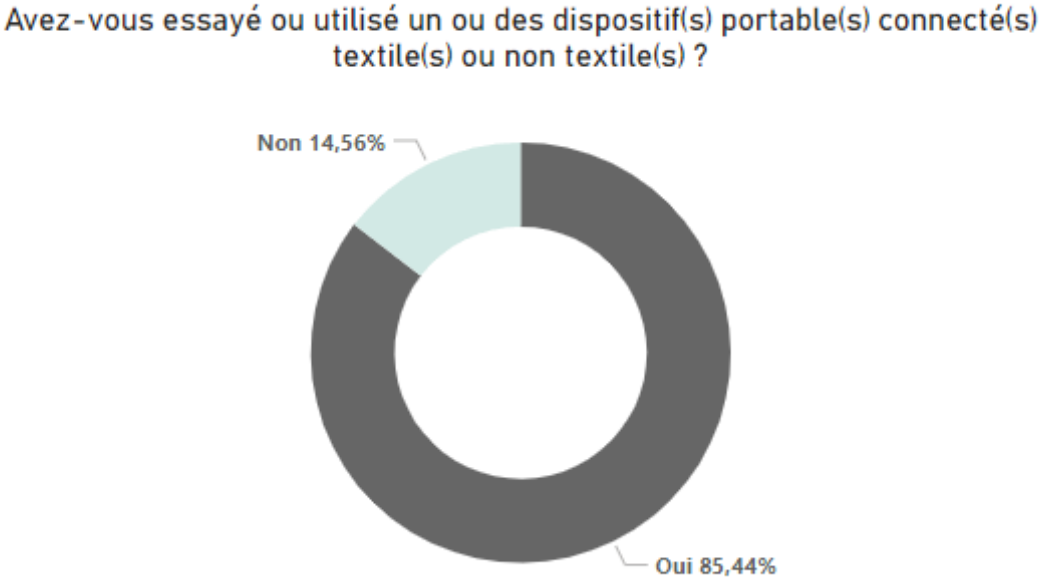


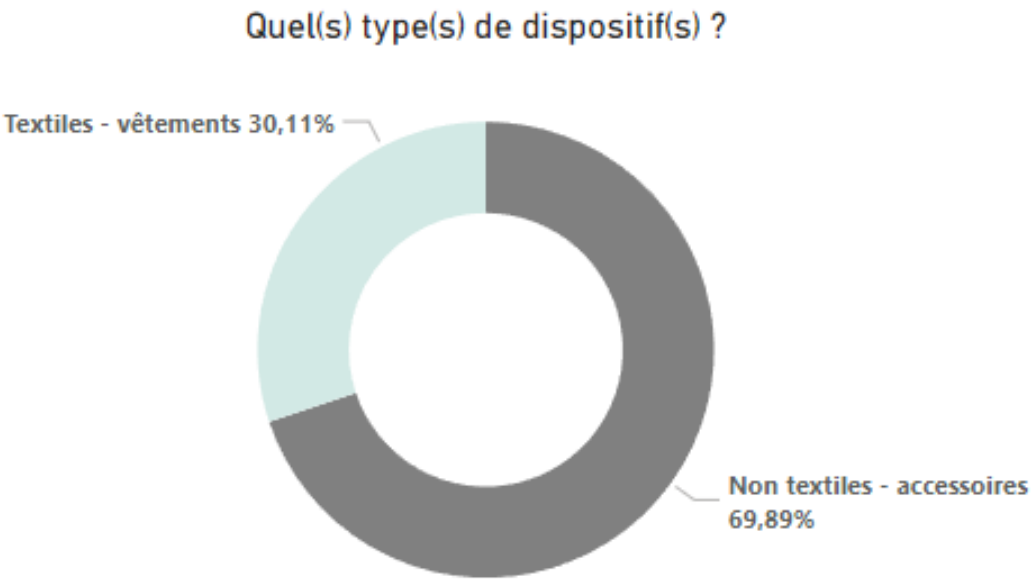


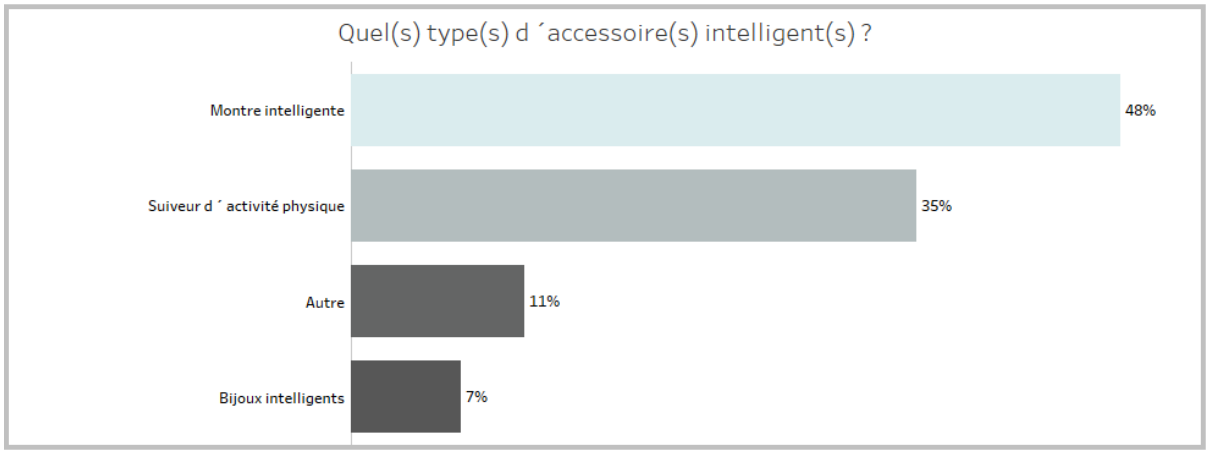


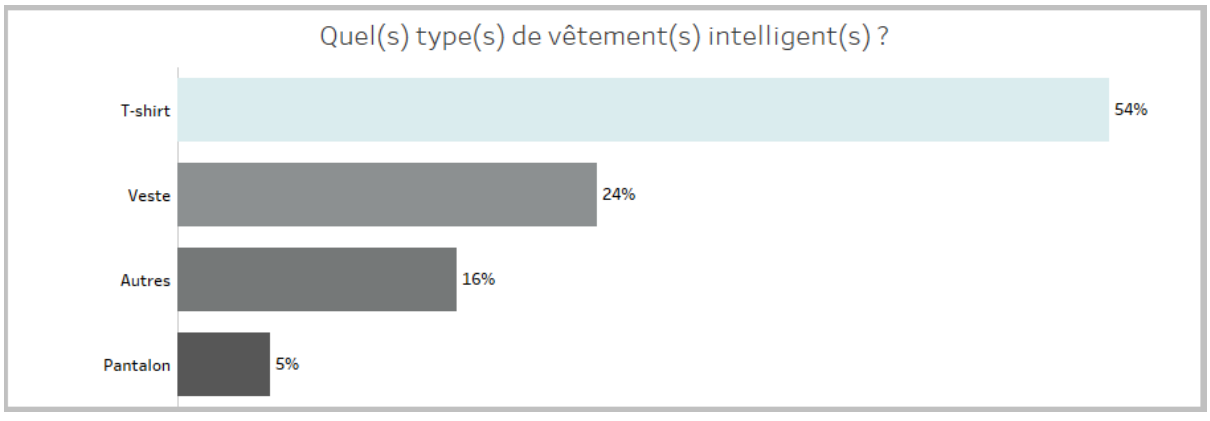

De quel pays venez-vous ?
% of Total
0,00%
42,42%
© 2023 Mapbox © OpenStreetMap

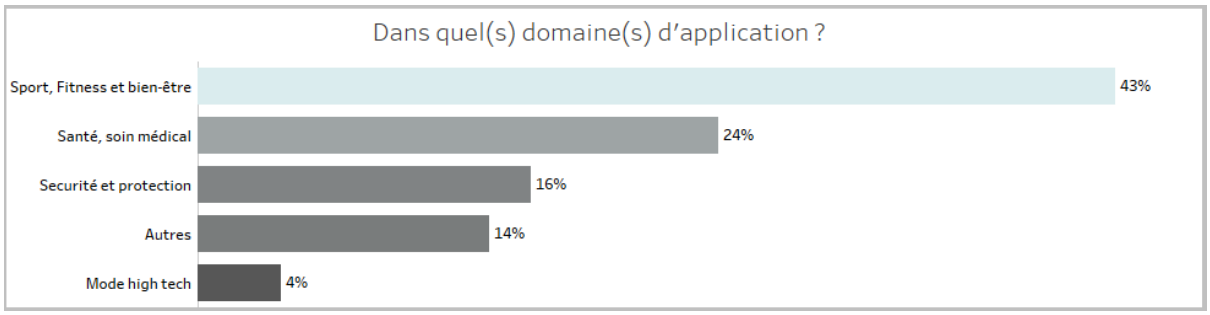

Connaissez-vous les dispositifs portables connectés ?
Non 9,71%
Oui 90,29%

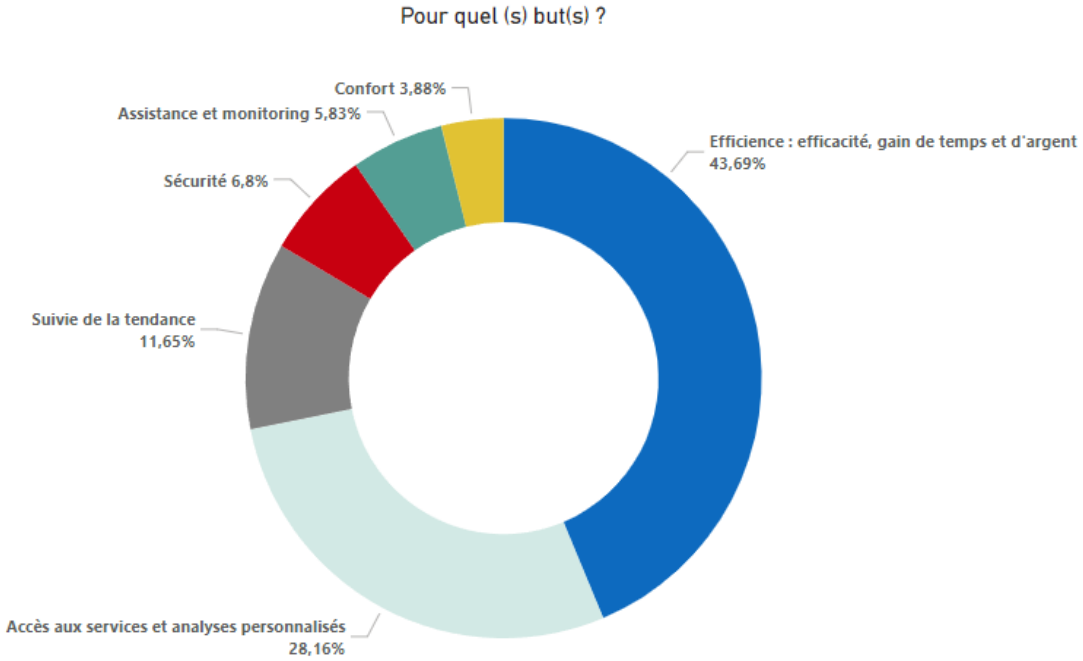

Avez-vous essayé ou utilisé un ou des dispositif(s) portable(s) connecté(s) textile(s) ou non textile(s) ?
Non 14,56%
Oui 85,44%

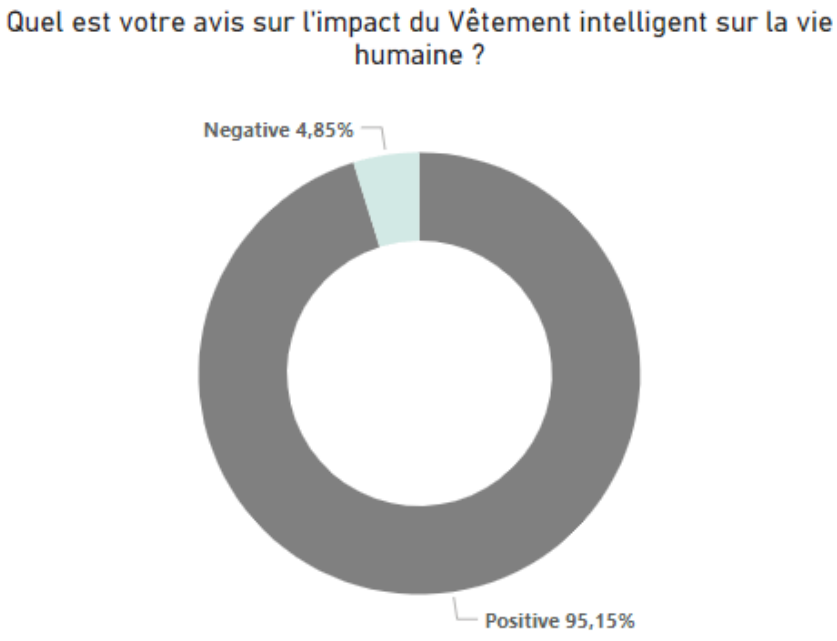

Quel(s) type(s) de dispositif(s) ?
Textiles - vêtements 30,11%
Non textiles - accessoires
69,89%


Quel(s) type(s) d ´accessoire(s) intelligent(s) ?
Montre intelligente
48%
Suiveur d ´ activité physique
35%
Autre
11%
Bijoux intelligents
7%

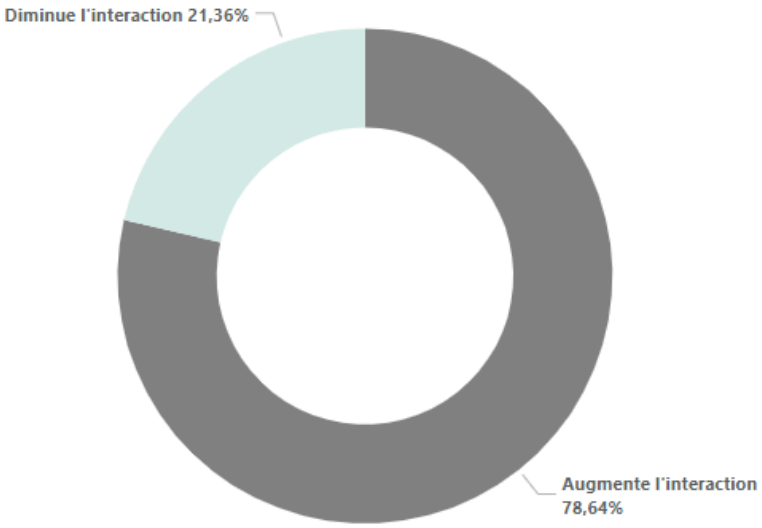

Quel(s) type(s) de vêtement(s) intelligent(s) ?
T-shirt
54%
Veste
24%
Autres
16%
Pantalon
5%


Dans quel(s) domaine(s) d'application ?
Sport, Fitness et bien-être
43%
Santé, soin médical
24%
Securité et protection
16%
Autres
14%
Mode high tech
4%

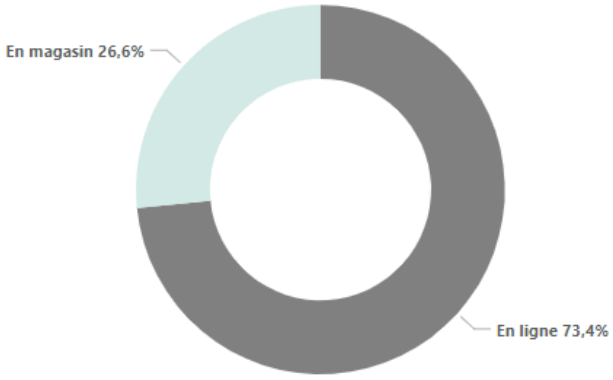

Pour quel (s) but(s) ?
Confort 3,88%
Assistance et monitoring 5,83%
Sécurité 6,8%
Suivie de la tendance 11,65%
Accès aux services et analyses personnalisés 28,16%
Efficience : efficacité, gain de temps et d'argent 43,69%


Quel est votre avis sur l'impact du Vêtement intelligent sur la vie humaine ?
Negative 4,85%
Positive 95,15%

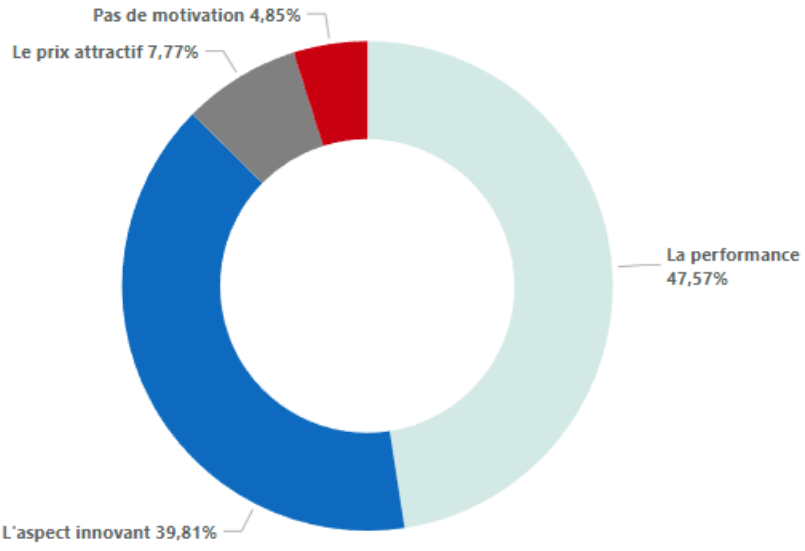
Quel est votre avis sur l'impact du vêtements intelligents sur l'interaction social ?

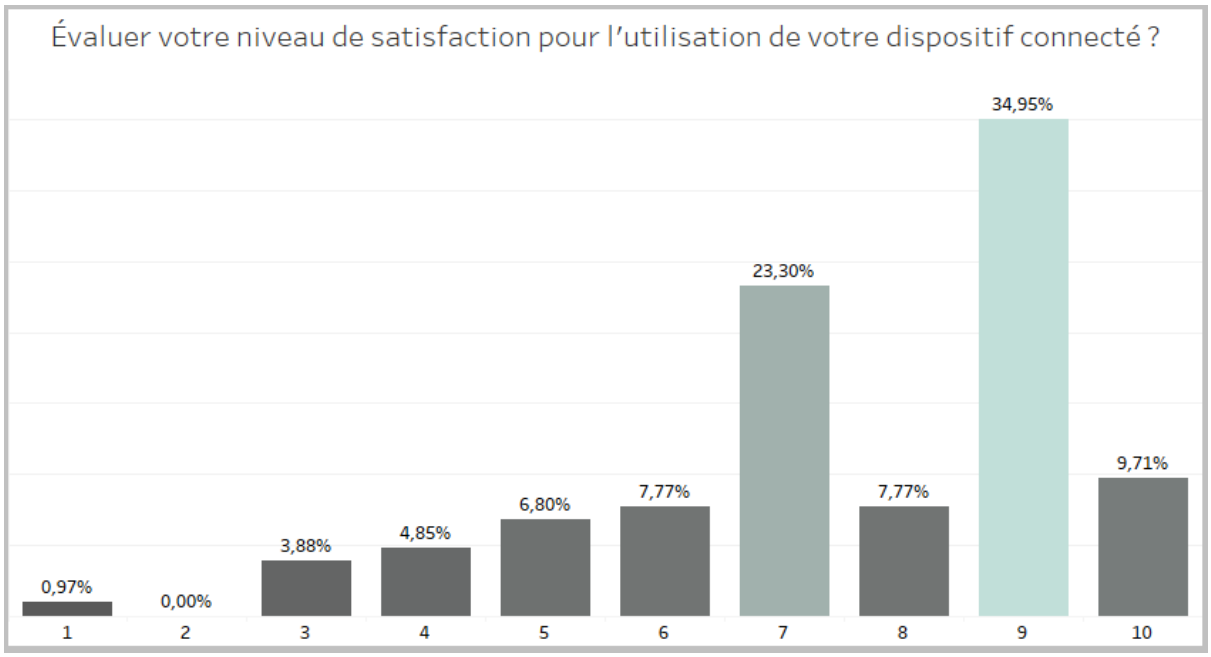


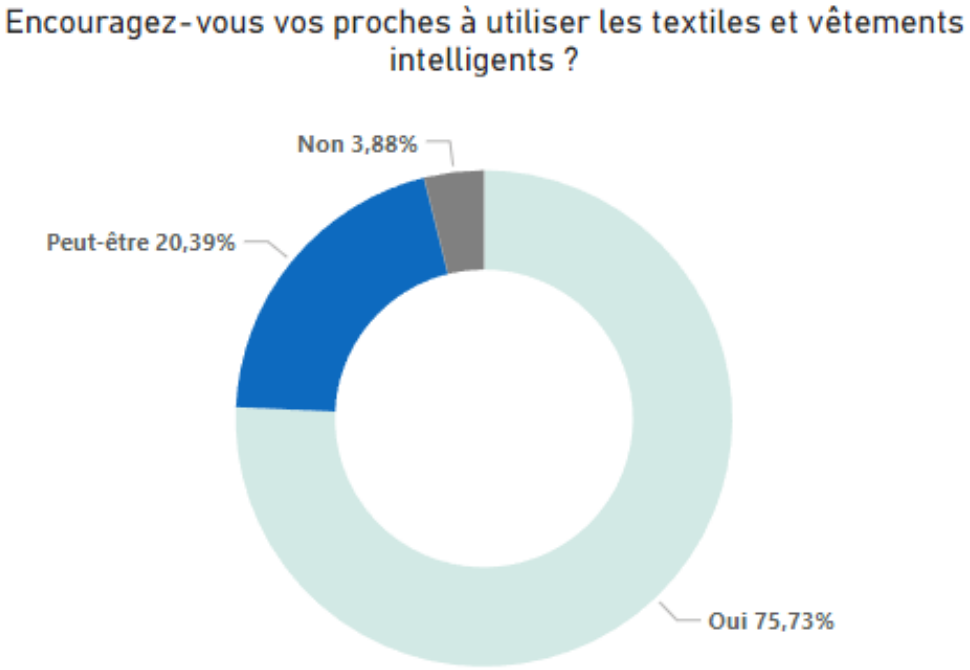
Comment l'avez-vous acheté ?



Quel est (sont) votre (vos) motivation(s) d'achat?




Évaluer votre niveau de satisfaction pour l'utilisation de votre dispositif connecté ?
0,97%
0,00%
3,88%
4,85%
6,80%
7,77%
23,30%
7,77%
34,95%
9,71%
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10


Encouragez-vous vos proches à utiliser les textiles et vêtements intelligents ?
Non 3,88%
Peut-être 20,39%
Oui 75,73%

Questionnaire 2
Conception d'une solution e-textile intelligente

Pour l'élaboration d'un projet personnel en e-textile intelligent, j'ai mené une enquête ciblant les différentes personnes qui veillent sur l'état du porteur cible étant le bébé dans notre cas d'étude. Celle-ci m'a donné la chance de mieux comprendre les attentes et les souhaits par rapport à une solution technologique médicale qui sert de thérapie sensorielle non médicamenteuse.

De plus, et afin de mieux éclaircir mon projet, j'ai élaboré un questionnaire qui me permettra de mettre en lumière les points essentiels dont je traite dans celui-ci. Ce jeu de questions/réponses auquel je me suis pliée, m'a également permis de mieux cibler les points forts de mon travail tout en me soumettant à une certaine autocritique.

Vous trouverez ci-joint, les deux questionnaires. Nous préférons commencer par celui auquel nous nous sommes soumises.

1- **Quelle est la nature du projet ? le ou les dispositifs à concevoir ?**

   Un projet à visé médicale – une thérapie sensorielle non médicamenteuse.
   Une couverture interactive intelligente.

2- **Quel est le nom de votre projet ? (S'il a un nom)**

   Sensorelyna.

3- **Quel est le type de votre projet ?**
   Intégrer / Incorporer / Porter tout prêt du corps.

   Porter tout prêt du corps.

4- **Quel est le concept, l'idée du/des produit(s) conçu(s) ?**

   La technique de l'emmaillotage.
   La perception sensorielle chez le bébé.

5- **Quelle est la nature de la matière utilisée ?**

   Substrat textile qui est le lin choisi pour ses propriétés thermorégulatrice et son touché doux garni de différents composants technologiques (capteurs, actionneurs, …)

éparpillés de part et d'autre sur la solution textile. L'emplacement dépend du fonctionnement du capteur et de la proximité de l'organe sollicité de mesurer.

6- Quel est le processus de réalisation ?
La nature du mode de fabrication : Artisanal / Industriel ?

Le prototype sera réalisé artisanalement avec l'aide de différents spécialistes (ingénieurs électronique, ingénieurs informatique, …). Ce modèle sera testé pour certifier son efficacité et connaître ses défaillances. Après avoir effectué les différentes expériences et examens pour consolider le projet nous pouvons passer à la phase de production industrielle.

7- Quelles sont les techniques abordées pour la réalisation du projet ?

Choix du tissu, choix de la coupe selon le modèle défini, couture de la garniture (scratch, …), choix des différents composants électronique, leurs intégrations, étude et création du module intelligent, son insertion, assemblage des différents éléments, création de l'application téléphonique associée, étude et choix de l'interface téléphonique adaptée. Assemblage du tout et test final du fonctionnement.

8- Quel est l'aspect technologique de ce projet ?
La particularité de votre produit (souplesse – luminosité – écologie – interactivité – monitoring – mouvement, …)

C'est une solution e-textile interactive. Elle est garnie de plusieurs éléments technologiques aptes à recevoir et à émettre des informations. L'apport de matériaux électroniques n'affecte pas sa souplesse. L'échange se fait via le module technologique.

On est face à trois types d'interactions :
- Une interne entre le tissu et les différents composants.
- Deux externes : une entre la solution e-textile et son porteur et l'autre entre la solution technologique et l'interface de l'application téléphonique reliée (une tierce personne responsable).

9- Quel est le mode de fonctionnement du / des dispositif (s) ?

Cette solution e-textile sensorielle intelligente sera proposée comme une sorte d'assistance personnelle dédiée pour les bébés et elle sera en mesure de proposer, selon son état de santé et / ou d'humeur, une alternative thérapeutique non médicamenteuse.

10- Quelles sont les voix de développement du / des dispositif (s) ?

Une recherche d'incubateur et de clients sera envisageable pour développer encore plus l'idée et pouvoir l'intégrer dans les hôpitaux ou les centres de soins dédiés à la petite enfance.

11- Quelle est la finalité ciblée par ce projet ?

Le bien-être et le réconfort du bébé, des parents et du corps médical.

12- Quel est la cible de votre / vos produit(s) ?

Les bébés âgés entre 0 et 12 mois.

13- Quelle est la méthodologie / démarche adoptée dans ce projet ?

- **Travail individuel (designer tout seul)**
- **Travail collaboratif (le consommateur participe au processus : interaction produit / utilisateur)**
- **Sous-traitance**
- **Partenariat (laboratoire de recherche, entreprise)**

La source d'inspiration a été les différentes contraintes auxquelles j'ai été confrontée durant l'hospitalisation de ma fille. Étant déjà impliquée dans mes travaux de recherche et étant moi-même designer de formation, j'ai été amenée à associer ces deux parties pour en tirer profit et en faire bénéficier les parents qui se trouvaient face à une pareille situation. Donc, mon intérêt premier était de trouver une solution pouvant réconforter le bébé, les parents et le corps médical. Pour ce faire, ce travail individuel devait sortir de cette bulle afin de devenir un travail collaboratif, allant à inclure les parents et le corps médical et cela dès le tout début de la phase de recherche à partir du questionnaire. Il m'a permis de mieux cibler les attentes de chaque intervenant. A partir de ce point est venue la phase de recherche et développement. Celle-ci demandait de faire appel à des compétences transversales (ingénieur électronique, ingénieur informatique, designer d'interaction, …). Or, n'étant qu'une ébauche de projet sa concrétisation sur le plan réel reste tributaire de plusieurs facteurs. Une sous-traitance et un partenariat seront certainement d'un apport qualitatif et matériel pouvant nous permettre de concrétiser réellement notre idée de projet.

Si 2 – Quelles sont les possibilités d'interaction du consommateur avec le projet ? Interaction directe / Interaction indirecte

Interaction directe : mise en marche et arrêt de la solution e-textile intelligente.
Interaction indirecte : à travers l'interface de l'application téléphonique associée.

Si 3 ou 4 – Qui sont les partenaires du projet ?

Les hôpitaux, les cliniques, les pédiatres, les centres de soins spécialisés, …

14- Quel est le comportement du consommateur par rapport au projet ?

Le comportement du consommateur (parents et corps médical) ne peut que soutenir une telle initiative de projet qui va les relayer en quelques sortes et par la même occasion alléger la pression exercée sur eux durant ces phases et ces moments où le

bébé est malade ou mal à l'aise. Or, comme c'est le cas pour toute innovation, ce projet peut susciter quelques réserves quant à son efficacité.

15- Quel est le schéma interactif du projet ?

Tel ou tel mode proposé ne se déclenche que suite à un changement d'humeur ou d'humeur du bébé. Le schéma interactif peut se résumer à la relation couverture intelligente / bébé, couverture intelligente / couverture intelligente, couverture / interface téléphonique.
Par l'interaction couverture intelligente / couverture intelligente, nous entendons que la couverture va, d'une manière autonome relever des paramètres et signes vitaux qui vont décider de la démarche qui va être suivie par le module intelligent. Celui-ci va décider d'adopter tel ou tel mode ou les deux, selon l'état du bébé. La couverture va ainsi être le médium qui va réfléchir et projeter sur le corps du bébé la décision sensorielle adéquate.

16- Quels sont les écarts entre une interaction et une autre ?

Le changement de l'état de santé et /ou d'humeur, qu'il soit vers la stabilité ou vers l'instabilité, permet de créer des écarts entre une interaction et une autre et donc entre le choix d'activer tel ou tel mode ou plusieurs ensembles.

17- Quel est l'ergonomie du dispositif ?

Le dispositif va être étudié afin de mimer le creux de la matrice maternelle pour que le bébé se sentent au sein d'un cocon lui procurant u sentiment de réconfort. La technique de l'emmaillotage va consolider cette idée et venir l'appuyer. D'autant plus que ce creux permettra de mieux disposer les éléments électroniques au plus près du corps.

18- Quelles sont les possibilités d'exploitation du dispositif ?

Cette solution peut être exploitée dans les hôpitaux comme sorte d'assistance qui soutient le corps médical en proposant au bébé des solutions sensorielles de thérapie non médicamenteuse pour l'apaiser le temps que le personnel qualifié intervienne. Sinon, cette solution peut être utilisée en dehors de l'hôpital, à la maison ou à l'extérieur pour venir en aide aux parents et apaiser le bébé.

19- Quelles sont les conduites du projet ?

Ce type de projet soutient une problématique d'ordre social.

20- Comment penser la conduite (mode / processus) design (forme provisoire / protéiforme) ? La manière (impliquer et solliciter des personnes pour interagir dans le projet / ou pas) ?

Étant pensé comme solution qui va résoudre une problématique d'ordre social, ce projet doit en premier lieu être réfléchi en conformité avec les besoins de l'utilisateur-

cible. C'est pourquoi le design et la forme doivent être en harmonie avec la physionomie de celui-ci. Celle-ci est adaptable aux usages qu'offrent la couverture intelligente. Emmailloté, le bébé est bercé par le réconfort du cocon dans lequel il se trouve. La couverture utilisée comme tapis d'éveil lui permettra de jouir de ses mouvements tout en s'occupant à découvrir les fonctionnalités sensorielles interactives qu'offre cette solution e-textile intelligente. L'implication des personnes en charge du bébé peut être sollicitée. Ainsi, la maman peut enregistrer sa voix pour la faire entendre à son bébé. Elle peut également interagir d'une manière directe via l'application téléphonique et lui faire entendre sa voix en direct.

21- Le design serait-il un agent qui permet la bonne conduite du corps dans ce type de projet ?

Bien sûr que oui puisque ce design a été étudié pour refléter la sensation ressentie par le bébé dans le ventre de sa mère. Donc, il s'établira entre la couverture intelligente et son corps une relation quasi charnelle.

22- Quels sont les moyens, les manières, les méthodes, les processus par lesquels les technologies peuvent être intégrer dans notre quotidien ?

Les technologies peuvent être intégrées aux solutions textiles à partir de la miniaturisation et ainsi la discrétisation des composants électroniques. La flexibilité de ces derniers est également un atout majeur qui ne peut être omis. N'oublions pas également la connectivité qui doit s'établir entre les différents composants électroniques, celle-ci s'est vue évoluée pour bénéficier de fibres et de fils cousus à même le tissu. Ceux-ci remplacent même le fil ordinaire. Toutes ces avancées ont permis aux solutions e-technologique d'intégrer le tissu. Nous parlons d'intégration alors que l'on peut s'aventurer à dire osmose.

23- Quelles sont les conséquences de la technologie sur le comportement de l'individu ? A quel moment les différentes conduites de la technologie auront une conséquence néfaste sur le consommateur ?

La technologie peut avoir moult incidence sur le comportement de l'individu. Il peut se retrouver happer par celle-ci au point de s'en trouver être l'esclave. Ainsi il se retrouvera dans la position d'enfermement sur soi ne faisant plus appel à son prochain lui préférant les solutions et les relations artificielles. La technologie est de ce point de vue, et à partir de cette utilisation, une solution engendrant une aliénation de l'être. Il est remarquable que la technologie a été étudiée afin de faciliter les rapports humain entre eux. Or, l'utilisation qu'en fait ce dernier peut pervertir ce pour quoi elle a été créer. Ceci n'empêche que cette empathie, que cette altérité, que cette quête de bonheur et de bien-être sont, la plupart du temps, les générateurs de la créativité et de l'innovation.

24- Le projet est-il clos ?

Non, le projet est encore en phase de développement et il peut évoluer selon les avancées technologiques.

Questionnaire 3

Attentes parents / personnels de la santé d'une solution e-textile intelligente

Afin de mener à bien notre projet et pour qu'il réponde aux attentes des personnes concernées, j'ai conçu une enquête ciblant les jeunes couples ainsi que le corps médical pour connaître leurs attentes par rapport à l'initiative de la conception d'un produit e-textile connecté à visée médicale pour bébé. Le questionnaire comprend dix-sept questions, en majorité sont des questions précises et d'autres sont des questions ouvertes. Les interrogations vont nous aider à déterminer les choix des adultes responsables du bébé en question par rapport à une solution e-textile qui va faire office d'une thérapie non médicamenteuse. A partir des réponses apportées, nous allons consolider notre idée du projet et présenter la solution envisageable et les différentes propositions de scénarios d'usages possibles.

Questionnaire :

1- Êtes-vous : homme – femme

2- Êtes-vous : parent – personnel médical (précisez)

3- Avez-vous déjà entendu parler du e-textile intelligent : oui – non

4- Avez-vous déjà utilisé une solution e-textile à visée médicale destinée pour bébé : oui – non

5- Si oui, quelles sont ses compétences :
Mesure des signes vitaux, mesure de la température, mesure des signes céphalique, mesure des mouvements, mesure du taux de stress, mesure de la douleur …

6- Si non, qu'est-ce que vous attendez d'un e-textile à visée médicale :
Mesure des signes vitaux, mesure de la température, mesure des signes céphalique, mesure des mouvements, mesure du taux de stress, autres propositions, mesure tout à la fois.

7- Préférez-vous que le produit effectue : une seule opération – plusieurs opérations à la fois

8- Préférez-vous que le e-textile soit : totalement autonome, partiellement autonome

9- Préférez-vous que les décisions par rapport à un état de santé grave soient prises par : vous, par le e-textile intelligent

10- A votre avis, quel est l'âge le plus susceptible d'être visé : mois d'un an, plus d'un an. Pourquoi ?

11- Quel type de e-textile jugez-vous le plus adéquat pour cette solution : t-shirt, bodies, combinaison, couverture. Pourquoi ?

12- Combien de mode (s) souhaitez-vous avoir dans cette solution e-textile : un seul mode, plusieurs modes

13- Préférez- vous que toutes les notifications soient envoyées de manière continue : oui, non

14- Combien de stimulation sensorielle souhaiteriez-vous que la solution e-textile soit capable d'assurer : une seule, plusieurs

15- Quels sont les types de stimulations sensoriels que vous souhaitez solliciter : tactile, sonore, visuelle, olfactif

16- Vous préférez utiliser cette solution e-textile : à l'hôpital, en dehors de l'hôpital, les deux

17- Quel est votre avis sur ce type de solution : intéressante, moyennement intéressante, pas intéressante

Résultat de l'enquête :

Le questionnaire a été proposé en 2019 aux différentes parties impliquées de main en main. Celles-ci sont : les parents, les différents personnels du cadre médical présent au service pédiatrie de la clinique. Après avoir présenté le questionnaire à 50 personnes ciblées, nous déclarons à travers les réponses que :

Échantillon des personnes interrogées :

L'échantillon des personnes interrogées est constitué de 80% de femmes et 20% d'hommes.

La moitié sont des parents et l'autre moitié sont des personnels du corps médical. Ces derniers sujets ont un profil professionnel diversifié, composé majoritairement d'infirmier (e)s, de technicien (ne)s en pédiatrie, médecins, surveillant (e)s.

Attente des utilisateurs :

Une minorité des individus questionnés connaissent ou ont entendu parler des e-textiles intelligents. Ils représentent 40% de l'échantillon interrogé. 10% seulement d'entre eux ont utilisé une solution e-textile à visée médicale que ce soit sur l'un de leurs proches ou sur l'un de leurs patients. L'utilisation de ce type de solution dans des mesures des signes vitaux est majoritaire par rapport aux différentes autres mesures qui ne représentent que 30% du total. Il s'agit là de : mesure de la température, mesure des signes céphalique, mesure des mouvements, mesure du taux de stress, mesure de la douleur, …

Modalité d'utilisation :

La plupart des personnes prospectées (90%) souhaitent avoir un produit e-textile complet qui mesure tout à la fois : les signes physiques, moteurs et psychiques. Ils préfèrent aussi qu'il soit capable d'effectuer plusieurs opérations à la fois et que ces dernières soient autonomes. Bien que ceux-ci soulignent que si la couverture détecte une aggravation de l'état de santé du bébé, aucune décision ne sera prise par elle, seul le personnel qualifié sera en mesure d'intervenir.

80% voient que cette solution e-textile est plus adaptée à la tranche d'âge s'étalant de 0 à 12 mois. Cette catégorie cible est jugée plus apte à utiliser la solution intelligente car, ils ne peuvent exprimer ce qu'ils ressentent et, plus grave, peuvent tomber dans un état léthargique sans qu'on ne s'en rende compte. Une solution e-textile intelligente épousant le corps est la plus adaptée pour prélever en temps réel les différents signaux reflétant l'état du bébé. Elle est en mesure d'être utilisée et l'enlevée selon les circonstances et les situations.

La couverture est la solution choisie par la majorité (60%) car elle est adaptée au public ciblé par les personnes questionnées. La couverture est plus adaptée à cet âge pour plusieurs raisons. Il est connu que les bébés de moins d'un sont la plupart du temps soit emmaillotés, soit couverts et cela quelle que soit la saison. Ils sont également en phase de croissance continue. Créer un vêtement adaptable à toutes les physionomies et à cette transformation physique est impossible. Le vêtement doit épouser le corps sans trop serrer ni être ample. Les capteurs doivent êtres sur la peau pour pouvoir mesurer d'une manière efficace les différents signaux. C'est pourquoi la couverture est donc la solution la plus adaptée puisqu'elle a cette capacité à envelopper les bébés quelles que soient leurs corpulences.

Les personnes responsables du bébé préfèrent que la couverture soit capable d'effectuer plusieurs modes à la fois et que l'envoie des données recueillies soient faits de manière continue sous forme de notifications sur l'application téléphonique associée. Ils préfèrent aussi qu'elle ait la capacité de stimuler plusieurs sens à la fois. La stimulation sensorielle visuelle est la plus recommandée par les sujets interviewés.

Généralement ce projet est jugé par les différentes personnes comme étant une solution thérapeutique non médicamenteuse qui peut être utilisée dans les hôpitaux ou autres lieux. Majoritairement elle est jugée comme étant une solution pertinente et intéressante.

Liste des figures

FIGURE 1. LA PYRAMIDE DE MASLOW (ABRAHAM MASLOW, 1954).....25
FIGURE 2. LES DIFFERENTES IDEES ET INVENTIONS DE STEVE MANN (STEVE MANN, 1978, 1993).149
FIGURE 3. CHRONOLOGIE DES DIFFERENTES GENERATIONS DE TEXTILES ELECTRONIQUES (HUGHES-RILEY, T. ; DIAS, T. ; CORK, C., 2018).....160
FIGURE 4. "ELECTRIC GIRL", 1800 (GREY RIVER ARGUS, 1884).....162
FIGURE 5. ROBE LUMINEUSE ET COLLIER FIREFLY, 1998 (MAGGIE ORTH - 2009) © 2009 MAGGIE ORTH. TOUS LES DROITS SONT RESERVES.....165
FIGURE 6. LES 3 DOMAINES QUI FONT NAISSANCE A L'E-TEXTILE (MONDAL, K. 2018).....172
FIGURE 7. GEORGIA TECH WEARABLE MOTHERBOARD (GTWM) (C. GOPALSAMY, S. PARK, R. RAJAMANICKAM AND S. JAYARAMAN, 1999).....176
FIGURE 8. ARCHITECTURE ÉLECTRONIQUE ET ÉLECTRIQUE DU " GEORGIA TECH WEARABLE MOTHERBOARD (GTWM) " 179
FIGURE 9. COMPOSANTS INTÉGRÉS DANS LA STRUCTURE DU " GEORGIA TECH WEARABLE MOTHERBOARD (GTWM) " 180
FIGURE 10. VESTE MUSICALE, 1998 (MAGGIE ORTH - 2009) © 2009 MAGGIE ORTH. TOUS LES DROITS SONT RESERVES.....186
FIGURE 11. CROQUIS DE LA VESTE MUSICALE AVEC LES COMPOSANTES ELECTRONIQUES.....186
FIGURE 12. CLAVIER SOUPLE EN TISSU BRODE AVEC UN CIRCUIT IMPRIME.....187
FIGURE 13. INDUSTRIAL CLOTHING DIVISION (ICD).....190
FIGURE 14. SYSTÈME "BODY AREA NETWORK".....191
FIGURE 16. SCHEMA EXPLICATIF DU FONCTIONNEMENT D'UNE CARTE "LILYPAD ARDUINO" A BASE D'UN MICROCONTROLEUR (FLOENCE BOST ET GUILLERMO CROSETTO, 2014) 197
FIGURE 18. FIL ELECTRONIQUE A LA BASE DE SUPERPOSITION DE MATERIAUX 212
FIGURE 19. STRUCTURE D'UN FIL ELECTRONIQUE AVEC UNE LED PROTEGEE PAR UNE MICRO-POCHETTE ET ENTOUREE D'UNE GAINE TRICOTEE 213
FIGURE 20. L'ENCAPSULATION D'UN SEMI-CONDUCTEUR SOUDE SUR UN FIL DE CUIVRE ET INTEGRE SUR UN FIL SUPPORT 213
FIGURE 22. ÉVOLUTION DES DISPOSITIFS ET TECHNOLOGIES ELECTRONIQUES PORTABLES 235
FIGURE 23. ELECTRONIC SENSING JEWELRY.....236
FIGURE 24. SCHEMA STATISTIQUE DE L'EVOLUTION DES OBJETS CONNECTES PAR PERSONNE ENTRE 2003 ET 2020 244

FIGURE 25. ÉVOLUTION DE LA MOYENNE DES OBJETS CONNECTES PAR RAPPORT AU NOMBRE DE LA POPULATION MONDIALE ENTRE 2003 ET 2020 245
FIGURE 26. COMPORTEMENT DES CONSOMMATEURS DES TECHNOLOGIES PORTABLES....247
FIGURE 27 REPARTITION SELON LE GENRE....250
FIGURE 28 STATUT PROFESSIONNEL....250
FIGURE 29 NOTORIETE SUR "WEARABLES" CONNECTES....251
FIGURE 30 TAUX D'UTILISATION DES DISPOSITIFS PORTABLES 251
FIGURE 31 TYPES DE DISPOSITIFS....251
FIGURE 32 TYPES D'ACCESSOIRES INTELLIGENTS 252
FIGURE 33 TYPES DE VETEMENTS INTELLIGENTS 252
FIGURE 34 DOMAINE D'APPLICATION 253
FIGURE 35 MODALITE D'ACHAT 253
FIGURE 36 MOTIVATION D'ACHAT....254
FIGURE 37 NIVEAU DE SATISFACTION....254
FIGURE 38. MAILLOT DE BAIN CONNECTE "NEVIANO" 258
FIGURE 39. MODULE EXTERNE - CAPTEUR UV 259
FIGURE 40. PUCE RFID 260
FIGURE 41. JEANS CONNECTES....263
FIGURE 42. SOUS-VETEMENT CONNECTE " CHRONOLIFE " 268
FIGURE 43. SCHEMA DE PROJECTIONS DU CAGR DE 2016 A 2026 POUR LES PRINCIPAUX MARCHES DU TEXTILES ELECTRONIQUES 285
FIGURE 44. DOMAINES D'APPLICATIONS ET CATEGORIES DE PRODUITS COURANTS DES TEXTILES INTELLIGENTS 287
FIGURE 45. REPRESENTATION DU SYSTEME DE COLLECTE ET D'ENVOI DES DONNEES BIOMEDICALES A PARTIR D'UN TEXTILE CONNECTE....290
FIGURE 46. " MIMO " SURVEILLANCE DE LA SANTE DU NOURRISSON....292
FIGURE 47. PROJET " NEURONAUTE "....296
FIGURE 48. DEMARCHE CLASSIQUE D'UN EXAMEN EEG....299
FIGURE 49. KIT COMPLET "RUNNING SYSTEM" (SENSORIA)....305
FIGURE 50. HAUT " RUNNING SYSTEM " (SENSORIA) 305
FIGURE 51. KIT CHAUSETTES " RUNNING SYSTEM " (SENSORIA)....306
FIGURE 52. TROIS DOMAINES DE DISPOSITIFS DE COMMUNICATIONS POUR DES APPLICATIONS MILITAIRE 313
FIGURE 53. BROADSWORD® SPINE®....315

FIGURE 54. LES ELEMENTS ELECTRONIQUES INTEGRES DANS LE PROJET DE VESTE INTELLIGENTE DES POMPIERS 317
FIGURE 55. "ARIZONA MUSE" 335
FIGURE 56. VESTE "HUGO BOSS" AU FESTIVAL DE CANNES 2022 338
FIGURE 57. INTERFACE INTERACTIVE DE LA VESTE "HUGO BOSS" 338
FIGURE 58. LA VESTE " COMMUTER TRUCKER JACKET " 341
FIGURE 59. COMPOSITION ET ASSEMBLAGE DE LA VESTE " JACQUARD " 342
FIGURE 60. LA VESTE " GOOGLE X LEVIS 2.*0*" 343
FIGURE 61. MODULE " JACQUARD " 344
FIGURE 62. CONNEXION DU MODULE " JACQUARD " 344
FIGURE 63. " MAASE " 364
FIGURE 64. " MAASE " 373
FIGURE 65. LES DIFFERENTES DISCIPLINES IMPLIQUEES DANS LA GESTION DE LA CHAINE LOGISTIQUES DES VETEMENTS ELECTRONIQUES INTELLIGENTS 445
FIGURE 66. " LA ROBE ARAIGNEE : SPIDER DRESS 2.0 " 454

Liste des schémas

SCHEMA 1. SCHEMA D'ARCHITECTURE BASIQUE D'UN ORDINATEUR 132
SCHEMA 2. SCHEMA D'UNE STRUCTURE GENERALE D'UN SYSTEME EMBARQUE.....135
SCHEMA 3. SCHEMA D'INTERCONNEXION ENTRE LES COMPOSANTES ELECTRONIQUES DE "SMART SHIRT" ET COMMUNICATION AVEC L'INTERFACE DE SURVEILLANCE EXTERNE RELIEE.....177
SCHEMA 4. SCHEMA D'INTERACTION E-TEXTILE COMMUNICANT SIMPLE (ACTION- REACTION) 181
SCHEMA 5. SCHEMA D'INTERCONNEXION ENTRE LES COMPOSANTES ELECTRONIQUES DE "LA VESTE MUSICALE" 188
SCHEMA 6. SCHEMA D'INTERACTION ENTRE LA VESTE MUSICALE ET L'UTILISATEUR.....189
SCHEMA 7. SCHEMA DE FONCTIONNEMENT INTERACTIVE DE "INDUSTRIAL CLOTHING DIVISION (ICD) " 192
SCHEMA 8. SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME DE COMMUNICATION INTERNE SIMPLE192
SCHEMA 9. SCHEMA D'INTERACTION SIMPLE (HOMME - DISPOSITIF E-TEXTILE INTELLIGENT) 193
SCHEMA 10. SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME EMBARQUE DANS UN E-TEXTILE.....196
SCHEMA 11. SCHEMA DU FONCTIONNEMENT DU MAILLOT CONNECTE "NEVIANO".....262
SCHEMA 12. SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DES JEANS CONNECTES.....266
SCHEMA 13. SCHEMA DU FONCTIONNEMENT DU SOUS-VETEMENT CONNECTE "CHRONOLIFE" 270
SCHEMA 14. SCHEMA DE FONCTIONNEMENT INTERACTIVE DE "MIMO" 293
SCHEMA 15. TRIADE RELATIONNELLE "MIMO" 294
SCHEMA 16. MODELE RELATIONNELLE " NEURONAUTE " 301
SCHEMA 17. SCHEMA DE FONCTIONNEMENT INTERACTIVE " NEURONAUTE " 301
SCHEMA 18. MODE DE FONCTIONNEMENT " SMART RUNNING SYSTEM " 307
SCHÉMA 19. TRIADE RELATIONNELLE " RUNNING SYSTEM " 308
SCHEMA 20. SCHEMA DE FONCTIONNEMENT INTERACTIF DE LA VESTE INTELLIGENTE " BALSAN " 320
SCHEMA 21. TRIADE RELATIONNELLE " BALSAN " 321
SCHEMA 22. SCHEMA DE FONCTIONNEMENT INTERACTIVE DE " COMMUTER TRUCKER JACKET " ..345
SCHEMA 23. SCHEMA EXPLICATIF DU SYSTEME DE FONCTIONNEMENT DE " MAASE " 376
SCHEMA 24. COMMUNICATION INTERNE 377
SCHEMA 25. COMMUNICATION EXTERNE 377

Liste des tableaux

TABLEAU 1. LES FONCTIONS D'UN TEXTILE INTELLIGENT PASSIVE.....96
TABLEAU 2. LES FONCTIONS D'UN E-TEXTILE ACTIF 97
TABLEAU 3. LES ORIGINES DES SIGNAUX CAPTES PAR L'E-TEXTILE.....199
TABLEAU 4. EXEMPLES D'ACTIONNEURS POUR REPONDRE A DES SENS SPECIFIQUES. 201