



HAL
open science

Conception d'un outil d'assistance pour les phases préliminaires de projet basée sur les principes de systèmes sensoriels, utilisabilité et conception universelle

Renato Fonseca Livramento da Silva

► To cite this version:

Renato Fonseca Livramento da Silva. Conception d'un outil d'assistance pour les phases préliminaires de projet basée sur les principes de systèmes sensoriels, utilisabilité et conception universelle. Interface homme-machine [cs.HC]. Université Grenoble Alpes [2020-..]; Universidade federal da Paraíba (Brésil), 2020. Français. NNT : 2020GRALI041 . tel-03051801

HAL Id: tel-03051801

<https://theses.hal.science/tel-03051801>

Submitted on 10 Dec 2020

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.



UGA
Université
Grenoble Alpes

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE GRENOBLE ALPES

**préparée dans le cadre d'une cotutelle entre la
Communauté Université Grenoble Alpes et
l'Université Fédérale de Paraíba**

Spécialité : **Génie Industriel**

Arrêté ministériel : le 6 janvier 2005 – 25 mai 2016

Présentée par

Renato FONSECA LIVRAMENTO DA SILVA

Thèse dirigée par **Angelina DIAS LEÃO COSTA** et **Guillaume THOMANN**

préparée au sein du **Laboratoire d'Accessibilité (LACESS / UFPB)** et du **Laboratoire des Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble (G-SCOP / UGA)**

dans les **Écoles Doctorales** programa de Pós-Graduação em **Arquitetura e Urbanismo (PPGAU/UFPB/Brasil)** et **Ingénierie, Matériaux, Mécanique, Environnement, Energétique, Procédés, Production (I-MEP2/UGA/France)**

TROIS : Outil pour accompagner les étapes initiales de conception, basé sur les systèmes sensoriels, les principes d'utilisabilité et de Conception Universelle

Thèse soutenue publiquement le **07 Octobre 2020**,
devant le jury composé de :

M., Heitor, DE ANDRADE SILVA

Professeur, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rapporteur

Mme, Angelina, DIAS LEAO COSTA

Professeure, Universidade Federal da Paraíba, Directrice de thèse

M., Eugenio, DIAZ MERINO

Professeur, Universidade Federal de Santa Catarina, Examineur

M., Samuel, GOMES

Prof. des Universités, Univ Technologique de Belfort-Montbéliard, Rapporteur

M., Guillaume, THOMANN

M. de Conférences, Univ Grenoble Alpes, Grenoble INP, Directeur de thèse

Mme, Rachel, THOMAS

Dir. de Recherche CNRS, Univ Grenoble Alpes, École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, Présidente





THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE GRENOBLE ALPES

**préparée dans le cadre d'une cotutelle entre la
Communauté Université Grenoble Alpes et
l'Université Fédérale de Paraíba**

Spécialité : **Génie Industriel**

Arrêté ministériel : le 6 janvier 2005 – 25 mai 2016

Présentée par

Renato FONSECA LIVRAMENTO DA SILVA

Thèse dirigée par **Angelina DIAS LEÃO COSTA** et **Guillaume THOMANN**

préparée au sein du **Laboratoire d'Accessibilité (LACESS / UFPB)** et du **Laboratoire des Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble (G-SCOP / UGA)**

dans les **Écoles Doctorales** programa de Pós-Graduação em **Arquitetura e Urbanismo (PPGAU/UFPB/Brasil)** et **Ingénierie, Matériaux, Mécanique, Environnement, Energétique, Procédés, Production (I-MEP2/UGA/France)**

**TRÊS : Ferramenta para auxiliar
fases iniciais de projeto com base
em sistemas sensoriais,
princípios de usabilidade e
desenho universal**

**THREE: Tool for initial auxiliary
phases of design based on
sensory systems, principles of
use and universal design**



À Luciene.

REMERCIEMENTS

J'aimerais tout d'abord remercier mes directeurs de recherche, Madame le professeur Angelina Dias Leão Costa et Monsieur le professeur Guillaume Thomann, pour leur hospitalité, leur confiance et leurs enseignements tout au long de ce travail.

Je remercie également les enseignants, avec lesquels j'ai eu l'occasion de vivre ensemble pendant les cours suivis, pour leurs précieux enseignements.

Je tiens à remercier le Programme de troisième cycle en Architecture et Urbanisme de l'UFPB - PPGAU, les coordinateurs avec lesquels j'ai eu la satisfaction de collaborer et les secrétaires pour leur coopération et leur aide. Je remercie tout particulièrement la laboratoire LACESSE et toute son équipe pour le soutien apporté au cours de cette recherche, en particulier la coordinatrice Madame le professeur Angelina Dias Leão Costa et la technicienne et chercheuse Bruna Ramalho Sarmiento.

J'adresse aussi mes remerciements au laboratoire G-SCOP/Grenoble INP – Université Grenoble Alpes pour l'accueil et la mise en œuvre d'un environnement accueillant pour mon séjour en France, me permettant de réaliser ce travail au sein de l'équipe de Conception Collaborative. J'adresse mes remerciements à François Villeneuve, directeur du laboratoire G-SCOP, ainsi qu'à Madame Fadila Messaoud-Djebara et Madame Marie-Joséphine Perruet, de m'avoir facilité la vie au quotidien.

Je tiens à adresser mes remerciements aux membres de la commission de qualification, Monsieur le professeur Heitor de Andrade Silva et Monsieur le professeur Eugenio Andrés Díaz Merino pour leurs importantes contributions à ces travaux et également pour leur présence au sein du jury de soutenance de cette thèse. Merci à Monsieur le professeur Samuel Gomes pour son importante contribution en tant que rapporteur de cette thèse, pour sa lecture approfondie et ses analyses détaillées. Merci à Madame le professeur Rachel Thomas pour avoir assuré avec professionnalisme et rigueur son rôle de présidente du Jury de ma thèse de doctorat.

Mes remerciements vont aussi aux étudiants du Programme de troisième cycle en Architecture et Urbanisme – PPGAU/UFPB et de l'École Nationale Supérieure de Création Industrielle – ENSCI pour avoir accepté de participer à la recherche et pour leurs précieuses contributions. Je tiens également à remercier les enseignants Roger Pitiot, Loïc Lobet et Denis Rocherfort pour leur accueil et la liberté d'interaction que j'ai pu avoir avec les étudiants dans toutes les phases du travail effectué à l'ENSCI/Alps Design Lab.

Je remercie les professionnels des différents domaines de connaissances qui ont participé à la recherche, au Brésil et en France pour leurs précieuses contributions.

Je remercie aussi mes collègues chercheurs au Brésil et en France avec qui j'ai partagé des doutes et découvertes.

Merci à Mayara Maia Pedrosa pour les traductions en langue française et Cyro Visgueiro Maciel pour l'aide à la mise en page de ce travail.

Merci également à Rafael Simões Vieira Guimarães et Marcelos Delgado Tuelher Dias pour les connaissances développées lors de la structuration numérique de l'Outil.

J'adresse aussi mes remerciements à tous mes chers amis de Florianópolis, de João Pessoa et de Grenoble qui ont participé d'une manière ou d'une autre aux moments les plus difficiles et aussi aux moments les plus paisibles.

Je tiens à remercier tout particulièrement Giselle Schmidt Alves Díaz Merino et Eugenio Andrés Díaz Merino, pour leur soutien dans un moment décisif pour le bien-être de ma mère, qui m'a permis de poursuivre les recherches pour la thèse.

Enfin, je remercie ma famille, en particulier ma mère Marina et mon fils Guilherme.

RESUME

Résumé

La connaissance du fonctionnement du système sensoriel humain par le concepteur, peut contribuer à la création de concepts et d'alternatives initiales de solution de conception dans les phases initiales des projets. Il peut effectivement donner un regard particulier sur les capacités sensorielles, cognitives et motrices des utilisateurs. Cependant, la mise à disposition de ces informations de manière systématique est encore une pratique naissante en architecture, Design Industriel et ingénierie du produit. Dans ce contexte, cette thèse a pour objectif de développer un outil d'accompagnement des équipes multidisciplinaires dans la création de concepts et d'alternatives de solutions, centrées sur l'utilisateur, dans le cadre de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie du Produit et considérant trois bases conceptuelles : le Système Sensoriel, l'Utilisabilité et la CU. La méthode de la recherche s'est déroulée en quatre étapes: (1) l'étude de la littérature focalisée sur les trois bases conceptuelles et sur des méthodes de développement de projet, (2) le développement de l'outil, basée sur une approche centrée sur l'utilisateur en mobilisant des étudiants et professeurs de programmes de 2ème et 3ème cycles universitaires en France et au Brésil et des industriels, (3) l'évaluation de l'outil par un panel d'experts brésiliens de disciplines différentes et ayant des expériences en développement de projet et enfin (4) l'analyse des résultats qui souligne que l'outil remplit de manière satisfaisante sa fonction. A travers une utilisation simple et intuitive sur une plateforme numérique, il contribue au travail collaboratif en fournissant des informations plus large et complète permettant la création de concepts et d'alternatives initiales de solutions de conception

MOTS-CLES : Architecture, Design Industriel, Ingénierie de produits, Phase initiales de Conception, Outil d'aide à la conception, Systèmes Sensoriels, Utilisabilité, CU

Summary

The knowledge of the functioning of the human sensory system by the designer, can contribute to the creation of concepts and initial alternatives of design solution in the initial phases of the projects. It can effectively give specific information on the sensory, cognitive and motor capacities of users. However, making this information systematically available is still an emerging practice in architecture, design and engineering. In this context, this Ph.D. thesis aims to develop a support tool for multidisciplinary teams in the creation of concepts and alternative solutions, user centered, within the framework of Architecture, Industrial Design and Product Engineering and considering three conceptual bases: Sensory System, Usability and Universal Design. The research method took place in four stages: (1) the study of the literature focused on the three conceptual bases and on project development methods, (2) the development of the tool, based on a user-centered approach by mobilizing students and professors from Master and Doctorate programs in France and Brazil and professionals from industry, (3) the evaluation of the tool by a panel of Brazilian experts from different disciplines and having experience in project development and finally (4) analyzing the results which validate the functions of the tool. Through simple and intuitive use on a digital platform, it contributes to collaborative work by providing more complete information allowing the creation of concepts and initial alternatives of design solutions

KEYWORDS: Architecture, Industrial Design, Product design, early phases of Engineering process, Design support tool, Sensory systems, Usability, Universal Design

GLOSSAIRE

CCU	<i>Conception Centrée sur l'Utilisateur</i>
CEA	<i>Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, France</i>
CRIDDEV	<i>Centre de Recherche pour l'Inclusion des Différences dans les Espaces de Vie</i>
CU	<i>Conception Universelle</i>
ENSCI	<i>École Nationale Supérieure de Création Industrielle</i>
FCLE	<i>Formulaire de Consentement Libre et Éclairé (en français)</i>
GODP	<i>Guide d'Orientation pour le Développement de Conception</i>
PCU	<i>Projet Centré sur l'Utilisateur</i>
TCLE	<i>Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (en portugais)</i>
UCD	<i>User Centred Design</i>
UGA	<i>Université Grenoble Alpes</i>

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Structure de la thèse.	29
Figure 2. Schéma des procédures méthodologiques de la recherche.	31
Figure 3. Thèmes abordés de la littérature, qui considèrent l'homme au centre de leurs actions.	39
Figure 4. Représentation de la structure et de la relation entre les éléments relatifs au concept d'utilisabilité.	53
Figure 5. Principes de CU.....	59
Figure 6. Processus de projet Jones (1976).....	66
Figure 7. Schéma adapté de la proposition de méthode de conception de Löbach (2001)...	68
Figure 8. Schéma adapté de la proposition de méthode de conception de Munari (1981)...	70
Figure 9. Schéma de la représentation graphique du processus de conception présentée par Lawson (2011).	71
Figure 10. Schéma adapté de la proposition de méthode de conception de Manzini et Verzzoli (2008).	74
Figure 11. Techniques et outils de créativité traditionnellement utilisés	80
Figure 12. Séquence d'utilisation du modèle de Garcia (2017)	81
Figure 13. Architecture résumée du Modèle de Perception des Matériaux par les Utilisateurs (Permatius).	82
Figure 14. Schéma adapté de la proposition l'interdépendance entre les activités de CCU (ISO 9241-210 :2011).	86
Figure 15. Schéma GODP.....	87
Figure 16. Schéma représentant la méthode de travail du CRIDEV	89
Figure 17. Schéma – la base conceptuelle de l'outil.	93
Figure 18. Principes d'Utilisabilité (JORDAN, 1998) et de CU (CONNELL et al., 1997 ; CUD, 1997).	94
Figure 19. Schéma représentant les combinaisons entre les concepts de Systèmes Sensoriels (GIBSON, 1966) et le regroupement des principes d'Utilisabilité (JORDAN, 1998) et de CU (CONNELL et al., 1997 ; CUD, 1997).	95
Figure 20. Schéma représentant les relations entre les thèmes structurants de l'outil, traduits en fonctions du produit proposé par Löbach (2000).	96

Figure 21. Schéma représentant le panneau visuel.....	96
Figure 22. Données sur l'importance de l'utilisation des informations sur les Systèmes Sensoriels dans les phases de structuration de concepts et d'alternatives de conception initiales.	98
Figure 23. Observation sur place ENSCI/Alpes Design Lab/Grenoble.....	101
Figure 24. Groupe de discussion avec les équipes.....	102
Figure 25. Participation aux projets d'Architecture.....	106
Figure 26. Participation à des projets d'ingénierie.	106
Figure 27. Manipulation des thèmes Systèmes Sensoriels – Utilisabilité – CU pendant les développements de projets.	106
Figure 28. Fréquences (%) des citations par outil de créativité (question 2.1, questionnaire B)	107
Figure 29. Fréquences (%) des citations par format d'utilisation de l'outil de créativité proposé	108
Figure 30. Classification de l'importance des thèmes pour les activités professionnelles des participants du CRIDEV.....	111
Figure 31. Classification du niveau d'importance des 5 Systèmes Sensoriels.	111
Figure 32. Classification du niveau d'importance des concepts d'Utilisabilité appliqués au développement de la conception.	112
Figure 33. Développement de l'outil – études avec les premiers prototypes basse fidélité.	116
Figure 34. Collecte et organisation des données du projet de conception (fictif) qui a précédé le test pilote.....	119
Figure 35. Environnement du test pilote au LACESSE.....	120
Figure 36. Présentation des résultats du test pilote.	121
Figure 37. Ecran correspondant à l'Étape A.....	122
Figure 38. Ecran correspondant à l'Étape B.....	123
Figure 39. Ecran correspondant à l'Étape C.....	124
Figure 40. Ecran correspondant à l'Étape D.....	125
Figure 41. Ecran correspondant à l'Étape E.....	126
Figure 42. Copies d'écran de séances d'utilisation de l'outil avec le panel d'experts.	130
Figure 43. Panneaux visuels générés par les équipes d'experts.....	131
Figure 44. L'expérience avec des méthodes de conception centrées sur l'utilisateur.	135

Figure 45. Expérience des experts avec les thèmes Systèmes Sensoriels, Utilisabilité et CU.	136
Figure 46. La fréquence des outils cités.	136
Figure 47. Le langage utilisé dans l'outil est-il facile à comprendre ?	137
Figure 48. La quantité et le type de données demandés pour accomplir les étapes de l'outil sont-ils satisfaisants ?.....	138
Figure 49. Faut-il un tutoriel plus détaillé ?	138
Figure 50. Des concepteurs ayant différents niveaux d'expérience peuvent-ils utiliser cet outil ?.....	139
Figure 51. Le format (numérique / Internet + papier / panneaux visuels) stimule-t-il la discussion entre membres d'équipe ?	139
Figure 52. Concepts de Systèmes Sensoriels, principes d'Utilisabilité et de CU associés aux fonctions du produit (Pratique, Esthétiques et Symboliques) sont-ils utilisés comme ressources pour la génération de concepts et d'alternatives de solutions ?.....	141
Figure 53. Les informations/documents générés par l'outil aident-ils à la prise de décision ?	142
Figure 54. Le format du panneau visuel (nuage de mots + images + impression) aide-t-il à l'organisation, la synthèse, la compréhension et les discussions ?	143
Figure 55. Utiliseriez-vous l'outil dans de futurs projets ?.....	144

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Description des systèmes sensoriels humains proposés par Gibson (1966).	47
Tableau 2. Méthodes significatives développées dans les années 60.	65
Tableau 3. Méthodes significatives développées dans les années 70.	66
Tableau 4. Méthodes développées dans les années 80.	67
Tableau 5. Méthodes développées dans les années 90.	73
Tableau 6. Modèles de méthodes basées sur le Design Thinking.	75
Tableau 7. Méthodes développées dans les années 2000	76
Tableau 8. Profil des participants au cours de CCU 2018/01 PPGAU/UFPB.	97
Tableau 9. Profils des participants/groupes de projets/ENSCI/2019.1.	100
Tableau 10. Aspects positifs et négatifs identifiés dans les outils de créativité question 2.2.	107
Tableau 11. Bilan des exigences définies pour le processus de développement de l'outil (prototype).	115
Tableau 12. Profil des participants au cours de CCU 2018/01 PPGAU/UFPB.	119
Tableau 13. Profils des participants – panel d'experts.	132

TABLE DES MATIERES

Table des matières	
Remerciements	7
Résumé	9
Glossaire	11
Table des illustrations	13
Liste des figures.....	13
Liste des tableaux.....	16
Table des matières	17
Introduction	21
1.1 Présentation du thème et de la problématique	21
1.2 Question de recherche.....	22
1.3 Objectifs	23
Objectif général	23
Objectifs spécifiques.....	23
1.4 Justification et motivation.....	23
1.5 Originalité.....	27
1.6 Adhésion au PPGAU/UFPB et au G-SCOP/UGA.....	27
1.7 Structure de la thèse	28
2 PROCÉDURES MÉTHODOLOGIQUES	31
2.1 Étape 1 – Fondement théorique	32
2.2 Étape 2 – Développement de l'outil.....	32
2.2.1 Structurer les exigences de l'outil	32
2.2.2 Développement de prototypes	36
2.2.3 Test pilote	36
2.3 Étape 3 – La COLECTE DE DONNÉES.....	37
2.4 Étape 4 – Analyse DES DONNÉES	38
3. FONDEMENT THÉORIQUE - étape 1	39
3.1 Les concepts de l'étude : tisser un chemin sensible	39

3.2 L'accessibilité de l'environnement bâti en tant que facteur d'interaction avec l'être humain.....	39
3.3 Système sensoriel.....	40
3.4 L'Utilisabilité comme aspect essentiel de la CCU	52
3.5 La Conception Universelle.....	56
3.6 Les sept principes de la CU.....	58
Synthèse du Fondement Théorique - étape 1	61
4. CONSTRUCTION THÉORIQUE - étape 2	63
4.1 Un parcours à travers les méthodes de conception en Architecture et en Design Industriel.....	63
4.2 Étapes de la créativité : techniques et outils appliqués au projet.....	76
4.3 Outils de soutien au développement de conception.....	80
4.3.1 Modèle d'Évaluation Produit-Utilisateur	80
4.3.2 Modèle Permatus	81
4.4 Le projet centré sur l'utilisateur (PCU).....	82
4.4.1 GODP - Méthodologie de CCU.....	86
4.4.2 Méthodologie de conception – CRIDEV	88
4.5 Relation entre l'architecture et le design Industriel en tant que disciplines congruentes.....	89
Synthèse de la construction Théorique - étape 2	91
5. LE DÉVELOPPEMENT DE L'OUTIL	93
5.1 Base conceptuelle pour le développement de l'outil	93
5.2 Parcours empirique pour la composition des exigences de l'outil	96
5.2.1 Parcours empirique pour la composition des exigences (contexte 1).....	97
5.2.2 Parcours empirique pour la composition des exigences (contexte 2).....	98
5.2.3. Parcours empirique pour la composition des exigences (contexte 3) : Bureau de référence CRIDEV/Grenoble/ France.....	108
5.2.4 Tableau regroupant les exigences pour la structuration de l'outil	115
5.3 Structuration de l'outil	116
5.3.1 Prototype de haute-fidélité.....	117
5.3.2 nom de l'outil.....	117

5.4. Tests et ajustements	118
5.4.1. Test de clarté	118
5.4.2. Test pilote	118
5.5. Présentation de l'outil TROIS (prototype final haute-fidélité).....	122
ÉTAPE A Accès et Enregistrement de l'Utilisateur.....	122
ÉTAPE B Enregistrement du projet	123
ÉTAPE C Informations sur le projet.....	124
ÉTAPE D Combinaisons de concepts.....	124
ÉTAPE E Panneau visuel	126
5.6 Conclusion	126
6. EVALUATION DE L'OUTIL « TROIS ».....	129
6.1. Collecte des données	129
6.2. Analyse des données.....	131
6.2.1 Profils des participants	131
6.2.2 Expériences des experts en matière de développement de projets	135
6.2.3. Perception relative à l'utilisation de l'outil	137
6.2.4. Questions ouvertes.....	144
6.3. Conclusion	145
7. ÉVALUATION ET DISCUSSION.....	147
7.1 Aspects fonctionnels	147
7.2 À propos des données de l'outil.....	149
7.3 Questions environnementales et contexte d'utilisation.....	151
7.4 Caractéristiques des utilisateurs	152
7.5 Critères d'utilisation	153
Conclusion	154
8. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	157
8.1 Synthèse	157
8.2 Retour sur la méthodologie	158
8.3 Contribution et recommandations	161
Bibliographie Personnelle.....	163

Communications relatives au présent travail de recherche	163
Articles complets publiés en Périodiques	163
Chapitres de livre publiés	164
Travaux complets publiés dans les annales de congrès	165
Résumés étendus publiés dans les annales de congrès	166
Résumés publiés dans les annales de congrès	167
Brevets et Marques	167
Bibliographie relative au manuscrit	169
APPENDICE A: Révision systématique	177
APPENDICE B: Questionnaire A.....	183
APPENDICE C: Questionnaire B.....	187
APPENDICE D: Questionnaire C.....	191
APPENDICE E: Questionnaire D.....	197
APPENDICE F: Formulaire de Consentement Libre et Éclairé (TCLE/FCLE).....	201
APPENDICE G: Concepts et Principes	203
APPENDICE H: Demande de Conception	205
APPENDICE I: Tutoriel d'utilisation de l'outil	207
APPENDICE J: Questionnaire F	213
APPENDICE K: Diagramme de Classes de l'outil.....	217
ANNEXE A: CEP/CCS	219
ANNEXE B: Autorisation ENSCI	223

INTRODUCTION

1.1 PRESENTATION DU THEME ET DE LA PROBLEMATIQUE

Les études liées au développement de produits se sont multipliées de manière significative ces dernières années. En particulier depuis les années 1960, une croissance considérable du nombre de propositions de méthodes, de techniques et d'outils provenant de différents domaines comme l'Architecture, le Design Industriel et l'Ingénierie a été observée. Ces propositions ont été faites dans le but de contribuer au contrôle et à l'organisation du processus de conception, principalement en raison de l'augmentation de la complexité technologique des produits (DI RUSSO, 2016, VAN DER LINDEN ; LACERDA, 2012, BÜRDEK, 2006, BONSIPE, 2012, CROSS, 1993).

Cependant, l'Architecture, le Design Industriel et l'Ingénierie de Produits ont tendance à prioriser le critère esthétique pour mettre en valeur les environnements, produits et services. Dans ce contexte, la croissance significative des nouvelles technologies, principalement axées sur l'information, a établi la prédominance de la vision comme source d'assimilation des informations disponibles pour les populations métropolitaines (SEVCENKO, 2001). Dans cette perspective, le parcours de la conception tend à être principalement basé sur des expériences visuelles, puisque culturellement le monde occidental s'organise de cette manière (HERSENS, 2011). Ce fait renforce le postulat d'un monde matériel encore principalement conçu pour être vécu visuellement.

Toutefois, Moraes (2010) souligne que, par rapport aux défis de la conception dans le monde d'aujourd'hui, la profusion de « codes » insérés de manière dynamique et complexe dans la vie quotidienne des gens, passe par des questions liées à des attributs intangibles, alignés avec des aspects du comportement humain, des facteurs esthétiques et psychologiques. En ce sens selon l'auteur, « de nouveaux outils créatifs sont nécessaires pour combler les lacunes que les modèles méthodologiques utilisés jusqu'à présent ne sont plus capables, à eux seuls, d'atteindre » (MORAES, 2010 p. 17).

Néanmoins, au cours des dernières décennies, les discussions sur le processus de Conception Centrée sur l'Utilisateur (CCU ou User Centred Design, UCD, en anglais) ont pris de l'ampleur. La CCU vise à mettre davantage l'accent sur les aspects comportementaux, sociaux, physiques et cognitifs de son public (HARADA et al., 2016, FLETCHER, V. ; CROLIUS, W. A. ; HARADA, F. J. B, 2015). Sa principale caractéristique réside dans la participation effective des utilisateurs pendant le développement de la conception, afin de recueillir des informations sur leurs expériences pour des solutions plus proches de leurs besoins (HARADA et al., 2016 ; TSCHIMMEL, 2012 ; SIMÕES et BISPO 2006 ; PREECE ; ROGERS ; SHARP, 2005 ; NORMAN, 2005 ; MALLIN, 2004 ; KRIPPENDORFF, 2000). Dans ce contexte, des thèmes comme la Conception Universelle (CU ou Universal Design – UD – en anglais) et l'Utilisabilité contribuent au processus de CCU. En plus d'avoir des similitudes entre leurs critères, ces

thèmes sont complémentaires dans le sens où « la CU est liée à l'établissement de l'Accessibilité et l'Utilisabilité vise à faciliter l'utilisation » (IIDA, 2016, p. 318). « La CU est reconnue comme une tendance mondiale en matière de conception et a une portée large et diversifiée » (LIN ; WU, 2015, p.9). Pour Merino (2015, p.44), « le thème de la CCU est directement lié à l'Utilisabilité », un facteur qui nous fait déduire une forte imbrication entre les deux thèmes.

Selon Heylighen et Herssens (2014), la conception basée sur la connaissance des formes visuelles par les architectes et autres concepteurs peut représenter un risque considérable en favorisant les qualités visuelles et en cessant d'envisager les qualités non visuelles, ainsi que la connaissance sur la personnification de la façon dont l'espace est compris et conçu. De cette manière, les diverses façons de mettre au point la conception en mettant l'accent sur la visualisation peuvent ne pas tenir compte de l'expérience corporelle dans l'environnement bâti. Ainsi, l'interprétation des informations sur la façon dont les gens assimilent les messages de l'environnement bâti au cours de leurs interactions est une tâche difficile pour les concepteurs. Cependant, aujourd'hui, les technologies interactives transforment les façons dont les gens vivent, interagissent et partagent l'information. Il s'agit d'un nouveau scénario où

des progrès technologiques permettent de générer des environnements réels et virtuels avec des graphiques impressionnants et un son haute-fidélité. Cependant, sans stimuler les autres sens comme le toucher et l'odorat, et même le goût dans certains cas, ces expériences semblent vides et fictives ; elles n'ont aucun réalisme. L'un des principaux obstacles au progrès dans la création d'expériences multi sensorielles réellement convaincantes est le manque d'outils et de conseils adéquats pour concevoir au-delà des applications audiovisuelles. (MAGGIONI, COBDEN, OBRIST, 2019, p.248).

Dans ce sens, même s'il est largement discuté dans le domaine de la psychologie comportementale, le processus d'assimilation des informations disposées dans les environnements se produit avec l'intégration naturelle de tous les canaux disponibles du système sensoriel (PALLASMAA, 2005 ; IIDA, 2005 ; OKAMOTO, 2002 ; DISCHINGER, 2000 ; BAILEY1996 ; MERLEAU-PONTY, 1996 ; TUAN, 1980 ; GIBSON, 1966). Des efforts sont nécessaires pour étendre, par le biais d'instruments de soutien au parcours de conception, la possibilité de penser et d'expérimenter d'une certaine manière, les concepts d'autres sens en accord avec le visuel, collaborant pour des résultats de conceptions plus conviviaux pour tous et pour l'expansion des marchés (WALLER, BRADLEY, HOSKING, CLARKSON, 2015 ; HERSENS, 2011 ; PULLIN, 2009 ; CAMBIACHI, 2007 ; SIMÕES ; BISPO, 2006 ; FRANCO, 2001 ; COLEMAN, 1994).

1.2 QUESTION DE RECHERCHE

La connaissance du fonctionnement du Système Sensoriel humain par les concepteurs, peut-elle contribuer à la création de concepts et d'alternatives initiales de conceptions

valorisant les attributs des environnements, de produits et de services grâce à la prise en compte de tous les sens humains ?

1.3 OBJECTIFS

OBJECTIF GENERAL

Développer un outil pour aider les équipes multidisciplinaires dans la création de concepts et d'alternatives initiales de conceptions centrées sur l'utilisateur, de manière collaborative, dans le cadre de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie, en considérant trois bases conceptuelles : Systèmes Sensoriels, Utilisabilité et CU.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

- Comprendre les thèmes « Systèmes Sensoriels », « Utilisabilité » et « CU ».
- Identifier des méthodes et/ou techniques de conception existantes dans les domaines de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie de Produits couramment utilisées à la fois dans la conception d'environnements bâtis et de produits et/ou services, en observant la question des différentes échelles et outils utilisés.
- Concevoir un outil et appliquer l'outil développé dans une perspective de collaboration en tenant compte des expertises des domaines de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie ; ayant comme lieu d'étude un environnement universitaire français et brésilien.

1.4 JUSTIFICATION ET MOTIVATION

Dans le contexte de l'histoire humaine, la vision a progressivement et graduellement pris le dessus sur les autres sens dans les relations et les interactions qui sont présentes dans notre vie quotidienne. L'environnement bâti a également commencé à être réfléchi plus intensément à partir du sens de la vision. En Architecture, comme le souligne Pallasmaa (2011), la pensée moderniste s'est fortement manifestée dans ce domaine, à travers le discours de grands maîtres du début du XXe siècle comme Walter Gropius, Le Corbusier et Moholy Nagy.

En conséquence, l'Architecture s'est, en partie, éloignée des gens, comme le souligne Pallasmaa (2011, p. 30), notant qu'avec « la perte de la tactilité, des mesures et des détails élaborés pour le corps humain et en particulier pour les mains, les bâtiments deviennent plats, agressifs, immatériels et irréels ». Castillo (2009, p. II) affirme que « les nouvelles tendances de l'Architecture concentrent leurs intérêts sur le sauvetage de la nature et des êtres humains, à travers lesquels la conception nécessite la connaissance des différents mondes sensoriels que chaque personne possède ». Cette déclaration renforce l'importance d'encourager

davantage d'études impliquant les sens de l'être humain pour être appliqués de manière systémique aux conceptions de l'environnement bâti, ainsi qu'aux produits et services.

Le processus de compréhension du protagonisme de la vision avant les autres sens peut apporter des réponses à la configuration des environnements bâtis, des produits et des services dans lesquels les informations qu'ils contiennent peuvent être organisées plus équitablement. La recherche initiée ici propose le défi de provoquer des réflexions sur les méthodes de conception en Architecture, avec les approches du Design Industriel et de l'Ingénierie de Produits selon leurs domaines théorique et pratique.

Par conséquent, surtout dans les phases initiales de conception, ce travail concentre son attention sur la nécessité de rendre les thèmes liés au Système Sensoriel, à l'Utilisabilité et à la CU plus présents dans le processus de conception de l'environnement bâti, de produits et de services qui les composent. De cette façon, elle cherche à contribuer à atténuer l'isolement conséquent de la vision comme un canal presque absolu, responsable de notre perception du monde, en laissant plus de place pour des réflexions et des actions qui prennent en considération les autres sens, durant le parcours de conception.

Pour D. Dal Palù et al, (2018, p.32). « L'expérience de tout produit, objet physique, service ou espace découle de la réponse de tous les sens de la personne qui entre en contact avec le produit. Toute la perception d'un produit est définie par l'action des cinq sens ». Dans cette perspective, de nombreuses activités se sont récemment concentrées sur l'exploration des possibilités d'autres sens dans l'expérience du développement de produits. Ce fait contribue à la prise de conscience par les concepteurs des différentes modalités sensorielles et à l'exploration de leur potentiel (HENDRIK, SCHIFFERSTEIN, DESMET, 2015). Cependant, lorsqu'il s'agit d'aborder les questions liées aux **thèmes structurants** de cette recherche (à savoir « Système Sensoriel », « Utilisabilité » et « CU »), il y a une lacune dans les propositions de méthodes, de techniques et d'outils visant à soutenir les étapes d'idéation dans le processus de CCU, dans un esprit de collaboration et de simplicité d'accès et d'utilisation.

Les modèles reconnus utilisés dans différents domaines de conception qui proposent de structurer les actions pour le processus créatif comme ceux présentés et discutés par (LALLEMAND, GRONIER, 2018 ; PAZMINO 2015 ; KUMAR, 2013 ; MARTIN, HANINGTON, 2012 ; UNGER, CHANDLER, 2012 ; BAXTER, 2011) n'envisagent pas systématiquement la combinaison de tous les Systèmes Sensoriels humains (visuel, olfactif/gustatif, haptique, auditif et système d'orientation de base).

De même, les propositions d'outils et de méthodes plus directement déclarés pour soutenir des projets multi sensoriels, issus de différentes disciplines et faisant appel à des technologies avancées afin d'identifier et de reproduire des sensations telles que celles présentées par (MAGGIONI, COBDEN, OBRIST, 2019 ; D. DAL PALÙ ET AL. 2108 ; HENDRIK SCHIFFERSTEIN, DESMET, 2015 ; ROCCHESO, DELLE MONACHE, PAPETTI, 2016) se caractérisent par le fait qu'ils apportent partiellement les aspects Sensoriels Humains, ou dans

certaines situations, un seul aspect avec profondeur, visant à composer un ensemble d'outils (toolkit).

Par conséquent, nous comprenons la pertinence de cette recherche pour proposer un outil destiné à soutenir les concepteurs pendant les étapes de génération de concepts et d'alternatives initiales de conception, en utilisant les trois thèmes structurants, conjointement et en collaboration. L'outil proposé vise à mettre à disposition, dans sa systématisation d'utilisation, des actions de conception structurées dans un scénario de combinaisons reliant les thèmes structurants de la recherche. De cette manière, sa contribution favorise la mise en place de routines dans le processus d'Idéation, en stimulant la réflexion sur les différentes manières d'assimiler les informations de l'environnement bâti, associées aux principes de CU (accessibilité) et d'Utilisabilité (utilisation facile).

La motivation de ce travail est née de mon expérience comme Designer Industriel et chercheur dans le domaine de la Conception dans lequel plusieurs préoccupations sont apparues. Elles me rappellent le début des années 2000, une époque où j'avais un contact plus profond avec les thèmes de l'Accessibilité, de la Conception Inclusive, de la CU et de la Perception Sensorielle – les trois premiers étaient encore peu discutés dans le cadre des disciplines de conception au Brésil.

Pendant la période où j'ai obtenu mon diplôme de licence en Design Industriel et tout en suivant un cours de conception, j'ai présenté un concept de Technologie d'Assistance (AT) pour les personnes ayant une déficience visuelle qui a abouti à mon travail de fin d'études. Mes questions sur les possibilités de la Conception contribuant plus intensément à améliorer l'interaction des personnes avec l'environnement bâti, principalement les personnes souffrant de restrictions physiques et sensorielles sévères, étaient déjà présentes à cette époque.

Je me souviens des expressions d'étonnement de mes camarades de classe lorsque j'ai exposé le thème central de mon travail. À l'époque, proposer un projet dont le but principal était de développer un concept de canne longue pour les malvoyants, capable d'apporter des informations, des signaux tactiles par le biais de capteurs à ultrasons, sur des obstacles situés au-dessus de la taille et disposés dans l'environnement urbain ouvert, n'était pas quelque chose de très courant. Cependant, plus tard, cette proposition s'est concrétisée dans un projet de recherche formé par une équipe interdisciplinaire intitulé : « canne longue électronique » et a été promue en trois moments différents : appel public MCT/Finep/AT Technologies d'Assistance 09/2005 (période : 2005-2006), appel public FAPESC/SEBRAE/SC 03/2011 (période : 2010) et appel 84/2013 MCTI- SECIS/CNPq – Technologie d'Assistance/B – Noyaux Émergents (période : 2013-2016). Bientôt, le produit est devenu une réalité sous brevet de dessin industriel avec l'enregistrement MU 8601042-5 et l'enregistrement de dessin BR3020180029810. Tous deux à l'INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial/Brésil.

Au cours de ce processus, j'ai eu l'occasion de développer mon mémoire de master intitulé « Conception de produit intégrée au projet urbain : évaluation du projet de technologie d'assistance "canne longue électronique" et sa contribution à l'inclusion des

malvoyants dans l'espace urbain ouvert ». Ce travail a été développé en collaboration avec le *Programme de deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'Université Fédérale de Santa Catarina (UFSC)* au cours de la période 2007-2009 et m'a apporté de nouvelles préoccupations et réflexions sur les dialogues possibles entre la façon de concevoir en Design et en Architecture, visant à collaborer à l'amélioration du processus d'interaction des personnes avec l'environnement bâti.

Pendant le développement de la thèse de Master, des tests ont eu lieu avec le prototype de « canne longue électronique », qui est développé avec les ressources du Ministère de la Science et de la Technologie/Financier des Études et Projets (MCT/FINEP-/AT. Réf. 2276/05) depuis septembre 2005. Ce projet proposait l'utilisation de capteurs de proximité dans la poignée de la canne pour l'identification des obstacles situés au-dessus de la ligne de ceinture des malvoyants, permettant ainsi l'innovation avec l'émergence de nouvelles perspectives pour les malvoyants en ce qui concerne leur mobilité plus indépendante dans des environnements urbains ouverts.

Les expériences avec le prototype ont été réalisées dans la région centrale de la ville de Florianópolis avec la participation de volontaires de l'Association de Santa Catarina pour l'intégration des aveugles (AcicAcic/SC). Un an avant la conclusion de la recherche du master, ce travail a reçu une Mention honorable – article court, P&D 2008 (*Huitième Congrès brésilien de recherche et développement en Design*) et, un an après la conclusion, le prototype a remporté la première place du *24e Prix de Design Musée de la Maison Brésilienne* – catégorie Prototype électronique et le mémoire a été sélectionné parmi les travaux inédits de l'année, et exposé au *24e prix Musée de la Maison Brésilienne*. Il est alors apparu clairement qu'il était important que l'Architecture et le Design Industriel fonctionnent ensemble, chacun avec ses propres spécificités, mais en permettant des dialogues qui, avant tout, se complètent l'un l'autre.

La même préoccupation accompagne ma carrière universitaire comme professeur. Depuis 2011, je fais partie du cadre de professeurs permanents de l'Université Fédérale de Paraíba (UFPB), au sein du Département de Design Industriel. En 2015, j'ai commencé mes activités au sein du Laboratoire d'Accessibilité (Lacesse) lié au Département d'Architecture et d'Urbanisme (DAU) du Centre technologique (CT) de l'UFPB, avec un dévouement aux mêmes thèmes qui animent ce travail de thèse et, surtout, avec l'intérêt de favoriser un dialogue lié au développement des ressources de conception et à la réflexion sur le projet entre les domaines du Design Industriel et de l'Architecture.

Géographiquement, ce travail est développé dans deux contextes : le *Programme de deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme (PPGAU/UFPB/Brésil)* et le *laboratoire G-SCOP, Université Grenoble Alpes/France*. Le développement d'une partie de la recherche au sein du laboratoire G-SCOP, pendant une période d'échange d'une année, m'a permis d'évoluer dans un environnement multidisciplinaire dans l'équipe de recherche Conception Collaborative. Durant 1 an, il a été possible d'établir des dialogues liés aux thèmes

de recherche avec d'autres étudiants, chercheurs et professionnels et de participer à un projet de recherche interdisciplinaire avec professeurs et étudiants de différentes disciplines (Architecture, Design Industriel et Ingénierie).

1.5 ORIGINALITE

L'originalité de cette thèse repose sur l'identification d'une lacune dans l'existence d'un outil d'aide à la génération de concepts et d'alternatives initiales de conception, qui intègre de manière appliquée, comme base fondamentale de sa systématisation d'utilisation, des thèmes qui considèrent l'homme comme le centre du processus de la conception, en prenant comme base les Systèmes Sensoriels, les principes d'Utilisabilité et de CU. D'après cette proposition, un examen systématique a été effectué pour vérifier la nouveauté de la recherche, dans le cadre duquel des articles, des thèses et des mémoires ont été recherchés tant au niveau national qu'international. Les expressions et combinaisons suivantes ont par exemple été utilisées dès le début pour la recherche dans les bases de données : (« universal design » OR « sensory perception » OR « development process ») AND (« creative process » OR « design tool ») (Appendice A). Les premiers résultats de la base de données en ligne de Science Direct, publiée par Elsevier, étaient de 3 284 articles. Grâce à l'application des filtres, 914 résultats ont été récupérés, après lecture des titres et des résumés, 14 articles ont été sélectionnés. Des recherches dans la base de données Scopus ont également été effectuées. Au départ 410 articles ont été retrouvés. Grâce à l'application de filtres, 54 résultats ont été récupérés, après lecture des titres et des résumés, quatre articles ont été sélectionnés. Cette étape de la recherche a été effectuée en octobre et novembre 2019.

Le recueil des thèses et mémoires établi jusqu'à ce stade de la recherche a été réalisé en concertation avec la banque de thèses du CAPES et la plate-forme HAL.archives-ouvertes.fr. 16 communications ont été sélectionnées après lecture des résumés et des titres. La recherche ci-dessus effectuée jusqu'à présent n'a pas permis d'identifier une seule proposition de travail qui correspondait aux objectifs définis pour cette recherche. Principalement par rapport à la caractéristique centrale du travail en cours de développement, il a été constaté que les travaux récupérés présentent des propositions qui traitent les sujets structurants de cette recherche de manière individualisée, non intégrée dans un modèle unique d'outil de créativité.

1.6 ADHESION AU PPGAU/UFPB ET AU G-SCOP/UGA

Cette recherche est menée dans le cadre de l'axe de recherche – qualité de l'environnement bâti, qui fait partie de l'axe de concentration intitulé « Architecture et Ville : Processus et Produit » du *Programme de deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'UFPB*. Cet axe couvre les recherches développées par les laboratoires liés au programme dans lesquels, dans sa pluralité de références théoriques et méthodologiques, il est possible d'observer le processus de conception, de production, d'appropriation et de qualité finale de l'architecture et de la ville, son axe principal de soutien et de convergence.

Dans ce contexte, la recherche est soutenue par LACESSE – Laboratoire d'Accessibilité de l'UFPB.

Les principaux thèmes développés dans cet axe sont : l'évaluation et l'analyse de l'environnement bâti et de ses composantes physico-spatiales et d'usage, avec un accent particulier sur la qualité des conceptions et les questions de confort (thermique, lumineux, acoustique et ergonomique) et d'environnement (bioclimatisme), la durabilité, la mobilité, l'accessibilité, la forme, les usages, la technologie et les matériaux de construction. Ainsi, il est entendu que la recherche est en accord avec la ligne de référence du *PPGAU - Programme de deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme*, parce qu'elle cherche essentiellement des réponses liées au processus d'interaction entre l'homme et le système, elle est donc consacrée à l'effort de collaboration pour le développement d'outils de conception, visant à promouvoir les concepts d'accessibilité et d'inclusion.

Le développement d'une partie de la recherche avec le laboratoire G-SCOP/Université Grenoble Alpes a permis une inclusion dans un environnement multidisciplinaire notamment le groupe de recherche Conception Collaborative. Il a aussi permis le renforcement de la relation entre le *Programme de deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'UFPB/Brésil*, le Laboratoire d'Accessibilité – LACESSE, le laboratoire G-SCOP et Grenoble INP – École de Génie Industriel /France, ouvrant la possibilité de réaliser des travaux de cette nature dans le futur, en recherche et en enseignement.

1.7 STRUCTURE DE LA THESE

Ce travail est organisé en huit chapitres présentés ci-dessous. Il est possible de visualiser l'organisation et l'enchaînement de ces chapitres sur la Figure 1.

Chapitre 1 : Introduction – cette première partie est destinée à la présentation du thème, de la problématique et de la question de recherche. Les objectifs de la recherche, leurs justifications, les caractéristiques générales et la structure de la thèse y sont aussi définis.

Chapitre 2 : Procédures méthodologiques – cette section est dédiée à la description de la base méthodologique sur laquelle la recherche est soutenue.

Chapitre 3 : Construction théorique 1 – dans cette étape, quelques thèmes structurants qui considèrent l'être humain au centre de leurs actions sont présentés : « Système Sensoriel » qui traite des concepts relatifs au fonctionnement des systèmes sensoriels humains et à leur importance pour le processus d'interaction et l'obtention des informations disposées dans l'environnement ; « Utilisabilité » qui aborde les concepts et les considérations sur les principes d'utilisation facile des produits, services et systèmes aux échelles les plus distinctes et « CU » qui présente des conceptions témoignant des considérations sur l'accessibilité, de manière large et sûre.

Chapitre 4 : Construction théorique 2 – dans cette partie, des considérations sur des Méthodes de Conception, des Outils et la CCU, structurées dans le cadre de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie sont présentées.

Chapitre 5 : Développement de l'outil de conception – cette phase concerne les détails de la manière dont l'outil a été développé et présente les caractéristiques de l'outil et sa systématisation d'utilisation.

Chapitre 6 : Application et analyse de l'outil – il s'agit de la présentation des résultats obtenus à travers l'application de l'outil grâce à son prototype haute-fidélité, ainsi que l'analyse des données collectées.

Chapitre 7 : Évaluation et discussion – ce chapitre concerne l'évaluation et l'examen des résultats des données recueillies auprès d'un panel d'Experts par rapport à l'outil en construction qui est basé sur une plateforme numérique d'utilisation du type *cloud computing*.

Chapitre 8 : Conclusions – les résultats de cette recherche et les recommandations pour des études ultérieures sont présentés.

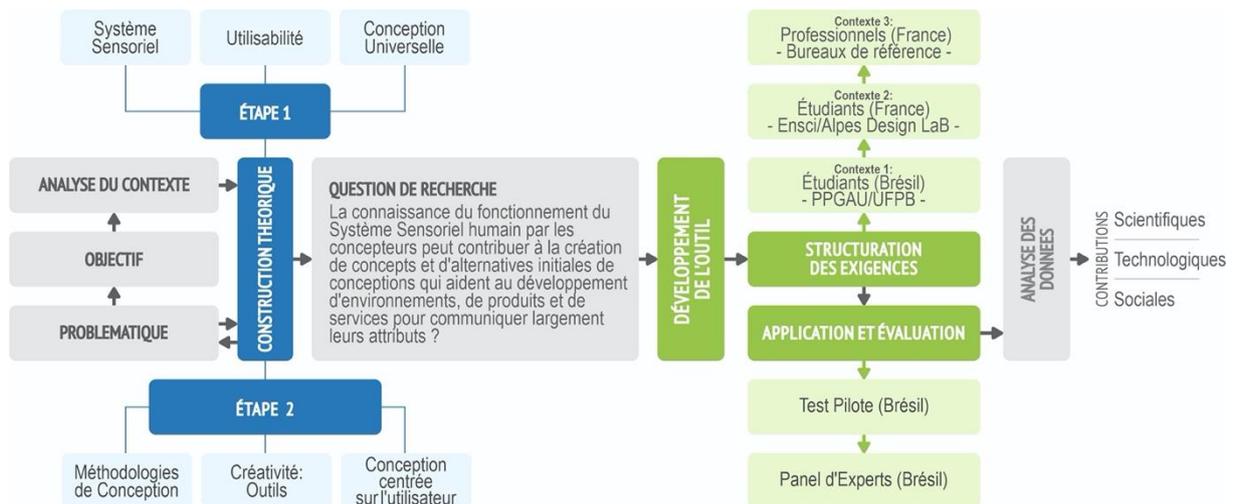


Figure 1. Structure de la thèse.
Source : Élaboré par l'auteur

2 PROCÉDURES MÉTHODOLOGIQUES

Ce chapitre est consacré à la description des procédures méthodologiques adoptées pour le développement de cette recherche. Les activités ont été divisées en quatre Étapes, comme le montre la Figure 2.

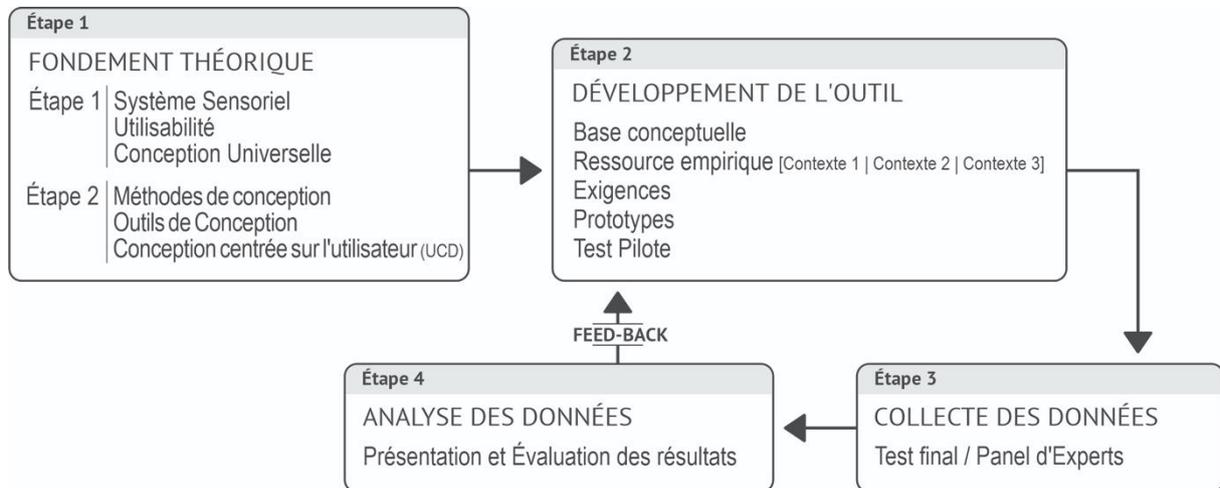


Figure 2. Schéma des procédures méthodologiques de la recherche.
Source : Élaboré par l'auteur

La période de développement des activités s'est étendue d'août 2016 à octobre 2020. Les disciplines requises par le *Programme de deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'UFPB* ont été étudiées du second semestre 2016 au second semestre 2017. Au cours du second semestre 2017, la proposition de projet de thèse a été structurée, répondant ainsi à l'activité prévue pour cette discipline « Séminaire de thèse 2 ».

Pendant le premier semestre 2018, l'**Étape 1** de la recherche a été lancée, avec le relevé bibliographique des thèmes structurants pour la composition du parcours théorique de la thèse. Au cours du second semestre 2018, le projet de recherche a été soumis à l'approbation du Comité d'Éthique de la Recherche du Centre des Sciences de la Santé de l'Université Fédérale de Paraíba - CEP/CCS (Annexe A). Dans la même période, le processus de préparation de la phase d'échange de cette recherche a commencé, avec la préparation de la documentation et du calendrier des activités prévues.

Après la phase d'échange qui a eu lieu pendant la période de septembre 2018 à septembre 2019 au Laboratoire G-SCOP, l'**Étape 2** « Développement de l'outil » contenant le parcours empirique de la recherche a été initiée. Dans cette même période, le processus de convention de co-tutelle de la thèse entre le Laboratoire G-SCOP/Université Grenoble Alpes/Grenoble/France et l'Université Fédérale de Paraíba/UFPB/PPGAU/Brésil a été initié.

En novembre 2019, la thèse a été qualifiée dans le Programme de *deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'UFPB*. Après la qualification, la phase finale du parcours empirique de la thèse a commencé par la structuration du prototype haute-fidélité

de l'outil, suivi du test pilote et des ajustements qui ont eu lieu au Brésil. Au cours du premier semestre 2020, l'Étape 3 « Collecte de données » et l'Étape 4 « Analyse des données » ont été réalisées pour conclure la recherche avec les résultats obtenus. La trajectoire de la recherche est présentée à travers ses étapes dans la Figure 2.

2.1 ÉTAPE 1 – FONDEMENT THEORIQUE

L'Étape 1 a constitué le moment exploratoire avec l'objectif d'approfondir et de mettre en relation les principaux thèmes du parcours théorique de cette recherche, à travers une enquête bibliographique. Cette étape a été divisée en deux parties, la première avec les approches des thèmes qui considèrent l'être humain au centre de leurs actions (Système Sensoriel, Utilisabilité, CU). La deuxième partie était composée d'études sur les processus, les instruments et les approches relatives au parcours de conception (Méthodes de Conception, Outils, CCU). Les principales sources consultées ont été des livres, des thèses et des mémoires, ainsi que des revues scientifiques nationales et internationales.

2.2 ÉTAPE 2 – DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL

Avec des caractéristiques descriptives, l'Étape 2 de la recherche a inclus le début du parcours empirique, avec la structuration de la base conceptuelle qui avait pour but d'aider au développement de l'outil, en soutenant sa systématisation d'utilisation, afin d'établir des relations entre les sujets de recherche abordés tout au long de la revue de littérature : Système Sensoriel (GIBSON, 1966), Utilisabilité (JORDAN, 1998), CU (CONNELL et al., 1997 ; CUD, 1997) et Fonctions des Produits (LÖBACH, 1998). Bientôt suivi de : **A) Structuration des exigences de l'outil, B) Développement de prototypes, C) Test Pilote.**

2.2.1 STRUCTURER LES EXIGENCES¹ DE L'OUTIL

La composition des exigences de l'outil a été basée sur le modèle d'exigences pour les produits interactifs proposé par Preece, Rogers et Sharp (2005) et centré sur l'utilisateur, ISO 9241-210 (2011). L'outil a été structuré sur la base des informations recueillies dans **trois contextes différents**, dans lesquels nous avons cherché à assurer un échantillon de participants caractérisé par l'interdisciplinarité : **contexte 1** – des étudiants du *Programme de deuxième et troisième cycles/PPGAU/UFPB/Brésil*, **contexte 2** – des étudiants de *premier cycle de l'École Nationale Supérieure de Création Industrielle - ENSCI - Alpes Design Lab/France* et **contexte 3** – des professionnels du *bureau de référence CRIDEV²/France*. Suivant Preece, Rogers et Sharp (2005), une approche centrée sur l'utilisateur a été recherchée à travers la

¹ La compréhension des exigences comme proposées par Preece, Rogers et Sharp (2005, p. 224) comme « une déclaration sur un produit prévu qui précise ce qu'il doit faire ou comment il doit fonctionner » fait partie de ce travail

² Centre de Recherche pour l'Inclusion des Différences dans les Espaces de Vie <https://www.cridev-qualite.com/>

participation directe des utilisateurs, pour écouter et prendre en considération leurs besoins afin de répondre à leurs attentes.

Contexte 1 - Étudiants en Architecture et Urbanisme PPGAU/UFPB (João Pessoa/Brésil) de deuxième et troisième cycles.

Le **contexte 1** a été organisé avec des étudiants du Programme de *deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme (PPGAU) de l'Université Fédérale de Paraíba (UFPB)* au semestre universitaire 2018.1. Pendant le cours intitulé CCU, lié à la « CCU : expériences universitaires de participation et de collaboration axées sur l'accessibilité de l'environnement bâti ». Le questionnaire A (Appendice B) a été appliqué, comprenant trois sessions : (partie 1) Caractérisation du participant, (partie 2) Activité de terrain et (partie 3) Conception.

Deux questions ont été consacrées aux thèmes structurants de cette recherche (Systèmes Sensoriels, principes d'Utilisabilité et de CU). Le but du questionnaire était de recueillir des données sur l'importance des thèmes structurants, du point de vue des étudiants participant au cours, pendant la réalisation de l'étape de génération de concepts et d'alternatives par rapport au processus de conception d'environnements, de produits et de services dans des conceptions avec une approche centrée sur l'utilisateur.

Contexte 2 - Étudiants en Architecture, Design Industriel et Ingénierie de Produits à l'École Nationale Supérieure de Création Industrielle - ENSCI - Alpes Design Lab./Grenoble/France (Annexe B).

Les activités du **contexte 2** ont été développées pendant la période d'échange de cette recherche qui s'est déroulée de septembre 2018 à septembre 2019. Les activités de conception développées lors du workshop interdisciplinaire intitulé : Design & Technologie à l'École Nationale Supérieure de Création Industrielle/ENSCI/Alpes Design Lab, dans la ville de Grenoble/France, ont été suivies pendant quatre mois. 19 étudiants de premier cycle en Architecture, Design Industriel et Ingénierie de Produits, répartis en quatre équipes et issus de différentes écoles françaises y ont participé.

Les ressources pour la collecte de données étaient : Observation Systématique, Groupe de Discussion³ et Questionnaire.

Observation Systématique : selon Larkatos et Marconi (2009, p. 193), elle est effectuée dans « des conditions contrôlées, pour répondre à un objectif préétabli ». Les observations ont commencé après la délivrance du document d'autorisation d'accès aux activités développées dans le workshop par les équipes de l'Ensci/Alpes Design Lab. L'objectif était d'essayer de comprendre comment les activités de conception ont été établies parmi les participants des équipes, quels outils de conception ont été utilisés, comment les membres des équipes ont communiqué entre eux et si d'une manière ou d'une autre, ils ont considéré

³ Technique de nature qualitative, « assure une discussion plus approfondie et plus collaborative concernant les artefacts développés par la recherche » (DRESCH, LACERDA AND ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 98

les concepts de Systèmes Sensoriels, de principes d'Utilisabilité et de CU à un moment donné du parcours de conception. Les ressources utilisées étaient les suivantes : Enregistrement Audiovisuel, Photographies et Annotations.

La trajectoire des observations a suivi les étapes du programme d'activités du workshop établi par l'équipe d'enseignants coordinateurs⁴.

- **Phase d'immersion** : avec la visite des laboratoires du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), la recherche d'outils communs pour la conception, la description des ressources technologiques présentées et la compréhension de leurs possibilités et de leurs limites, la recherche sur le sujet et l'intervention des partenaires / chercheurs / universitaires sur le sujet du semestre.
- **Positionnement et intention** : réflexion autour d'objets mobiles, habités ou non, exploration de nouvelles utilisations et possibilités.
- **Concept et Architecture de la Conception** : structuration globale d'un objet électrique mobile et/ou de sa station de recharge : définition des types, fonctions et utilisation de chaque proposition et planification.
- **Formalisation** : conception et représentation des propositions et du modèle.

Groupes de discussion : ils visaient, selon Unger et Chandler (2012, p. 109), à « identifier les perceptions, les sentiments, les attitudes et les idées des participants concernant un sujet particulier, un produit ou une activité ». Les groupes de discussion, sous forme de réunions, ont été conduits selon un scénario semi-structuré pour mener les discussions. Les expériences rapportées par les participants ont été enregistrées en utilisant des ressources Audiovisuelle, Photographies et Annotations.

Les réunions ont été divisées en trois sessions pour chaque groupe. Pour Lallemand et Gronier (2018), les séances durent généralement entre 90 minutes et 3 heures selon chaque situation. Il a été décidé que chaque réunion durerait au maximum 30 minutes, soit un total d'environ 90 minutes (trois sessions) pour chaque groupe. À la fin de chaque session, les données ont été transcrites en utilisant Microsoft Word version 16.38 (20061401). Les sessions ont été composées et divisées en un scénario avec les thèmes suivants et leurs questions clés respectives :

Section 1 - Thème principal : Processus de conception.

Question clé 1 – Qu'entendez-vous par processus de conception ?

Question clé 2 – Comment s'est déroulée l'élaboration des étapes de créativité de conception auxquelles vous avez participé jusqu'à présent ?

⁴ Loïc LOBET designer produits ENSCI, graphiste, enseignant contractuel, responsable pédagogique d'Alps Design Lab, CEA / ENSCI.

Denis ROCHEFORT, designer industriel ENSCI, enseignant Alps Design Lab, CEA/ENSCI

Roger PITIOT, designer industriel, Directeur Alps Design Lab, ENSCI Les Ateliers

Section 2 - Thème principal : Outils de conception.

Question clé 1 – Qu'entendez-vous par « outils de conception » ? Quels outils avez-vous déjà utilisés ?

Question clé 2 – Quel est votre avis sur l'utilisation des outils de créativité pour soutenir les étapes de génération de concepts et d'alternatives initiales de conception ?

Section 3 - Thème principal : Systèmes Sensoriels, Utilisabilité et CU.

Question clé 1 – Considérez-vous comme positive la mise à disposition pour les concepteurs des thèmes comme les Systèmes Sensoriels, l'Utilisabilité et la CU lors de la structuration de concepts et d'alternatives initiales de conception ?

Question clé 2 – Pensez-vous qu'il soit possible de relier et de mettre les thèmes « Systèmes Sensoriels », « Utilisabilité » et « CU » à la disposition des concepteurs sous la forme d'un outil de conception ?

Questionnaire : à la fin des activités du workshop, le Questionnaire B (Appendice C) a été appliqué dans le but de recueillir des informations auprès des étudiants participant à la recherche sur la pertinence de ses thèmes structurants et sur la perception de l'aspect formel et du fonctionnement à adopter comme exigences pour l'outil. Le questionnaire B a été divisé en deux sessions, (partie 1) Caractérisation des participants et (partie 2) Principaux concepts et principes qui structurent l'outil.

Contexte 3 – Bureau de référence CRIDEV/Grenoble/France.

Le **contexte 3** a été développé au cours du premier semestre 2019 dans la ville de Grenoble/France, également comme une activité prévue dans la phase d'échange de cette recherche. Le travail avec le bureau de référence visait à obtenir des informations de professionnels impliqués dans le développement de conceptions d'environnements bâtis (Architecture) et le développement de produits (Design Industriel/Ingénierie de Produits) ayant une vaste expérience dans les domaines de l'Accessibilité de l'environnement bâti et de l'Inclusion. Les ressources pour la collecte des données étaient : le Questionnaire et l'Entretien semi-structuré.

Questionnaire : les activités ont débuté le 21 mai 2019 lors d'une réunion d'environ une heure au cours de laquelle premièrement les membres du CRIDEV ont présentés leurs activités et deuxièmement, cette recherche de thèse a été présentée aux membres du CRIDEV. Après la réunion, le questionnaire C (Appendice D) a été appliqué, avec des questions axées sur les expériences professionnelles des participants. Deux professionnels ont répondu et plus tard les données obtenues ont été organisées et classées par le chercheur pour leur exploitation (utilisation du traitement de texte Microsoft Word version 16.38 (20061401)).

Entretien semi-structuré : il a eu lieu le 13 juin 2019 et a duré environ deux heures avec la participation de trois membres du CRIDEV. Les activités ont été médiatisées par un scénario

semi-structuré, mené par le chercheur et les deux co-directeurs de cette recherche. La session était composée d'un thème principal – méthodologie et outils du bureau de référence/CRIDEV – et des questions clés qui ont composées le scénario. Elles sont décrites ci-dessous :

Question clé 1 – Pouvez-vous nous en dire un peu plus sur cette phrase : « À chaque étape, des outils spécifiques à notre méthodologie sont proposés et parfois personnalisés » ?

Question clé 2 – En pratique, comment les projets développés par le bureau ont-ils pris en considération les trois composantes : l'utilisateur, l'utilisation et l'espace ?

Question clé 3 – Concernant les caractéristiques d'utilisation et le format de l'outil que nous proposons, auriez-vous des suggestions spécifiques à faire ?

2.2.2 DEVELOPPEMENT DE PROTOTYPES

A partir du cadre posé des exigences, la structuration des prototypes de basse et de haute-fidélité de l'outil a commencé.

- **Prototypes basse-fidélité** : des études ont été réalisées avec des représentations visuelles à travers l'utilisation de storyboards, croquis sur papier et collages. L'objectif principal était de soutenir rapidement et à moindre coût l'exploitation d'idées et de décider les principales caractéristiques de l'outil en fonction des exigences (LALLEMAND ; GRONIER, 2018 ; UNGER ; CHANDLER, 2012 ; PRATT ; NUNES, 2013 ; PREECE ; ROGERS ; SHARPS, 2005).
- **Prototype haute-fidélité** : il a été développé sur une plateforme numérique SaaS (Software as a Service) utilisant le principe de cloud computing. Le langage de programmation utilisé a été Java et Java script. Il s'agit du prototype dont les caractéristiques sont attendues dans le produit final et qui permet de tester des questions techniques (LALLEMAND ; GRONIER, 2018 ; PRATT ; NUNES, 2013 ; PREECE ; ROGERS ; SHARPS, 2005). Deux professionnels ont participé volontiers à son développement : un Analyste en Génie Informatique un Ingénieur Informaticien. Ils ont également collaboré au développement des algorithmes, de l'interaction entre les différents écrans et de la systématisation d'utilisation de l'outil numérique.

2.2.3 TEST PILOTE

Le test pilote s'est tenu le 24/10/2020 dans les locaux du LACESSE - Laboratoire d'Accessibilité de l'UFPB, au cours du « module 2 - Méthodologies et outils d'aide à la Conception axé sur l'Utilisateur », de la discipline « Qualité et évaluation de l'environnement construit à l'échelle du bâtiment » du Programme de *deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme (PPGAU)*, de l'UFPB. La méthodologie de Conception GODP (MERINO, 2014) a été adoptée pour les activités du cours. L'outil a été appliqué au moment

de l'idéation/étape 3 (création) de la méthode GODP. Les ressources pour la collecte des données étaient : Observation systématique et Questionnaire.

- **Observation systématique** : les observations ont suivi les activités prévues dans les étapes pour l'utilisation du prototype de haute-fidélité de l'outil.
- **Questionnaire** : Le questionnaire D (Appendice E) a été appliqué et les participants y ont répondu individuellement après avoir signé le Formulaire de Consentement Libre et Éclairé (FCLE /TCLE– Appendice F). Le questionnaire a été divisé en trois sessions : (Partie 1) Caractérisation du participant, (Partie 2) Développement de projets et (Partie 3) Perception de l'utilisation de l'outil.

2.3 ÉTAPE 3 – LA COLLECTE DE DONNÉES

La collecte de données a été effectuée par un groupe d'experts à caractère multidisciplinaire, composé de 18 participants au total et regroupés en deux paires, deux équipes composées de trois membres, une équipe composée de quatre membres et une équipe composée de sept membres.

Afin de réaliser les activités, les participants ont reçu au préalable un formulaire définissant les concepts et principes servant de base à la systématisation d'utilisation de l'outil (Appendice G), ainsi que la demande de projet de conception (fictif) (Appendice H). Le temps total prévu pour chaque session était de 1h50 minutes (une heure cinquante minutes). Le protocole d'action comprenait les étapes suivantes :

- ÉTAPE 1 : Précisions sur la recherche et la lecture/signature du FCLE/TCLE (Durée estimée de l'activité : 10 min).
- ÉTAPE 2 : Présentation de la problématique du projet et de la demande (fictive) de conception avec les données de base (Durée estimée de l'activité : 10 min).
- ÉTAPE 3 : Lecture du tutoriel de l'outil (Appendice I) (Durée estimée de l'activité : 20 min).
- ÉTAPE 4 : Enregistrement de l'utilisateur et de l'équipe dans la plate-forme numérique de l'outil, suivi de la présentation des étapes qui composent l'outil (Durée estimée de l'activité : 20 min).
- ÉTAPE 5 : Utilisation de l'outil en équipe (Durée estimée de l'activité : 30 min).
- ÉTAPE 6 : Remplissage du questionnaire F (Appendice J) pour évaluer l'outil de conception (Durée estimée de l'activité : 20 min).

Des observations ont été effectuées pendant la manipulation et les questionnaires individuels ont été proposés suite à cette phase de test.

- **Observation systématique** : les observations ont suivi le protocole d'activités prévu pour l'utilisation du prototype d'outil de haute-fidélité.
- **Questionnaire** : Le Questionnaire F a été appliqué et les participants y ont répondu individuellement après avoir signé le TCLE/FCLE. Le questionnaire a été divisé en trois

sessions : (Partie 1) Caractérisation du participant, (Partie 2) Développement de projets et (Partie 3) Perception de l'utilisation de l'outil.

2.4 ÉTAPE 4 – ANALYSE DES DONNÉES

Les contributions les plus significatives acquises lors de la collecte des données et traitées selon les principaux thèmes présents dans l'ensemble des exigences pour le développement de l'outil ont été évaluées et discutées, à partir des thèmes suivants : 1. Aspects fonctionnels, 2. Données de l'outil, 3. Questions environnementales et contexte d'utilisation, 4. Caractéristiques des utilisateurs, 5. Critères d'utilisation.

L'analyse des données a été basée sur des tests non paramétriques, car ceux-ci sont indiqués pour les recherches avec de petits échantillons et lorsque l'échantillon ne présente pas d'homogénéité (FONSECA ; MARTINS, 2010 ; TRIOLA, 2014).

3. FONDEMENT THÉORIQUE - ETAPE 1

3.1 LES CONCEPTS DE L'ETUDE : TISSER UN CHEMIN SENSIBLE

Ce chapitre comprend la première étape du fondement théorique de la recherche, réalisée au moyen d'une revue bibliographique. Il est structuré en abordant trois thèmes qui considèrent l'être humain au centre de leurs actions (Figure 3) : **Le Système Sensoriel**, présentant des concepts relatifs au fonctionnement des systèmes sensoriels humains et à leur importance pour le processus d'interaction et l'obtention des informations disposées dans l'environnement ; **L'Utilisabilité**, en décrivant ses concepts et ses considérations sur les principes d'utilisation facile des produits, services et systèmes aux échelles les plus variées et enfin **la CU** comme une approche de développement des projets qui témoignent des considérations d'accessibilité de manière large et sûre.

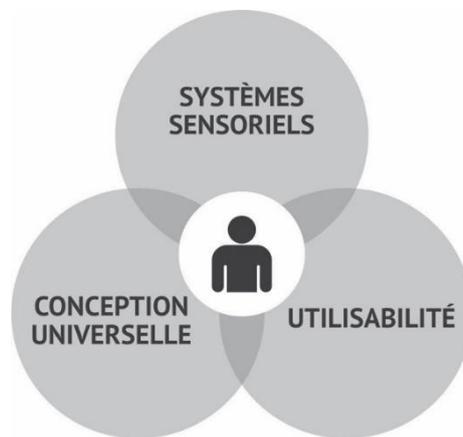


Figure 3. Thèmes abordés de la littérature, qui considèrent l'homme au centre de leurs actions.

Source : Élaboré par l'auteur

3.2 L'ACCESSIBILITE DE L'ENVIRONNEMENT BATI EN TANT QUE FACTEUR D'INTERACTION AVEC L'ETRE HUMAIN

Le développement de nouveaux environnements (de la même manière que les produits et services qui les intègrent et avec lesquels les personnes interagissent tout au long de leur vie) nécessite une approche de conception orientée vers les concepts d'accessibilité. Effectivement, le processus de développement de l'environnement bâti, ainsi celui des produits et services, est de nature complexe, impliquant plusieurs facteurs à comprendre et à traiter. Il convient de noter que le terme « accessibilité » est global et comprend différents concepts, approches et définitions, dont certains supposent une caractéristique ponctuelle, axée sur des actions visant à surmonter les obstacles physiques qui font partie de la vie quotidienne des personnes, tandis que d'autres, plus larges, sont basés sur l'interprétation des interactions qui se construisent sur la complexité qui caractérise la coexistence sociale.

Pour Dischinger (2000, p. 25), l'accessibilité signifie la « facilité d'approche, d'entrée ou d'utilisation de quelque chose. Elle implique également une évaluation de l'adéquation

pratique de ce qui est disponible ». Lors de l'approfondissement de sa compréhension de l'accessibilité, Dischinger déclare qu'elle n'est pas seulement liée à des facteurs physiques, tels que la distance, l'emplacement et le confort, mais aussi à des aspects sociaux, économiques et culturels qui sont déterminants dans la caractérisation des défis à relever par des différentes populations et qui sont à l'origine des problèmes d'accessibilité.

Au Brésil, la NBR 9050 (ABNT, 2015)⁵, définit l'accessibilité comme

possibilité et condition de portée, de perception et de compréhension pour l'utilisation sûre et autonome des espaces, du mobilier, des équipements urbains, des bâtiments, des transports, de l'information et de la communication, y compris leurs systèmes et technologies, aussi bien que d'autres services et installations ouverts au public, d'usage collectif public ou privé, tant dans les zones urbaines que rurales, par les personnes handicapées ou à mobilité réduite (ABNT, 2015, p. 2).

Alvarez (2003, p. 4), lorsqu'il étudie l'accessibilité dans l'espace, place le concept dans une optique plus large et affirme que « l'accessibilité spatiale va plus loin que la conception elle-même, c'est un engagement social, avec la défense des droits des personnes qui doivent être intégrés dans les fondements par ceux qui conçoivent et planifient toute action civile ».

Plus spécifiquement en relation avec l'accessibilité physique et spatiale, Dischinger, Bins Ely et Piardi (2012, p. 28) insistent qu'il ne s'agit pas seulement de « la possibilité d'atteindre un lieu souhaité, mais aussi de comprendre la fonction, l'organisation et les relations spatiales, tout comme la participation des activités qui s'y déroulent ». Il est peut-être possible de comprendre qu'assurer l'accessibilité signifie promouvoir des interactions possibles et créer des mécanismes qui collaborent pour la compréhension des messages disposés dans l'environnement, en respectant la diversité des acteurs impliqués et leurs réactions aux événements.

Cependant, à mesure que nous prenons conscience des réflexions sur les concepts d'accessibilité, en particulier de leur importance dans les processus de conception (projet) des environnements construits, ainsi que des produits et services qui les intègrent, nous négligeons quelque peu la possibilité d'étendre l'utilisation et la compréhension des espaces d'une manière sûre et conviviale pour un plus grand nombre de personnes.

3.3 SYSTEME SENSORIEL

L'interprétation des actions et des manifestations de la diversité humaine dans la structuration des propositions pour l'amélioration du monde matériel, en architecture et en design industriel, joue un rôle important, notamment pour minimiser les difficultés qui découlent de l'incompatibilité entre les caractéristiques de l'environnement bâti et les besoins des personnes qui y vivent. Castilo (2009, p. 33) fait remarquer que l'architecture contemporaine conduit les architectes à résoudre des problèmes de formes et de fonctions

⁵ ABNT NBR 9050/2015 – Norme brésilienne d'accessibilité aux bâtiments, au mobilier, aux espaces et aux équipements urbains.

des logements, sans tenir compte des aspects sociaux et psychologiques en termes de confort humain et sans comprendre l'architecture comme un ensemble d'interactions et d'interrelations dynamiques des sens humains. Face à la complexité qui caractérise les sociétés contemporaines,

la compréhension des aspects sensoriels, émotionnels, économiques et socioculturels qui définissent nos choix est d'une importance fondamentale pour les architectes, les designers et les entreprises, car elle nous permet d'élargir nos expériences d'utilisation et de consommation et crée des précédents pour la création de produits, d'environnements et de projets architecturaux plus favorables aux individus (PAIVA, 2018, p. 12).

Si, d'une part, des progrès significatifs se réalisent dans les actions visant à apporter des informations sur les questions physiques (matériaux, dimensions) au processus de conception d'environnements, de produits et de services, d'autre part, les travaux appliqués qui se rapportent aux processus perceptifs au cours de l'interaction des personnes sont pertinents surtout dans les domaines de l'architecture et du design industriel. À cet égard, et plus particulièrement en ce qui concerne l'aspect émotionnel de l'interaction entre les personnes et les produits, Niemeyer (2008, p. 59) souligne que

la connaissance des processus perceptifs est indispensable. Ils enrichiront l'interaction de l'être humain avec le produit, en élargissant l'espace sensoriel d'interaction. Alors que les processus visuels de base sont largement étudiés dans des conditions contrôlées en laboratoire, on sait encore peu de choses sur les autres modalités de signification (la connaissance des perceptions organoleptiques par le toucher, l'ouïe, l'odorat et le goût est indispensable) et sur la façon dont les gens perçoivent les produits et la signification qu'ils leur attribuent.

Conformément à cette ligne de pensée, il est important de souligner que la nature et l'action anthropique fournissent des scénarios dans lesquels toutes les relations et pratiques humaines sont développées, c'est-à-dire qu'elles dessinent une société physico-spatiale en constante transformation. Il est entendu, selon l'idée de Santos (1985), que l'espace est constitué non seulement d'objets géographiques naturels et artificiels, mais aussi de processus sociaux qui lui donnent vie. C'est à partir de la perception et de l'interprétation de l'espace ainsi constitué que les gens interagissent avec lui, en reconnaissant les éléments qui le composent, tant sa matérialité que les multiples significations qui leur sont attribuées.

Par contre, pour percevoir quelque chose et, par conséquent, pour établir une interaction avec l'environnement, la précedence d'une sensation est un facteur primordial qui, selon Iida (2005, p. 258), se réfère au « processus biologique de capture et de transmission de l'énergie environnementale par les cellules nerveuses des organes sensoriels ». Pour Iida (2005, p. 258), « la perception est la conséquence du traitement du stimulus sensoriel, qui lui donne un sens ». L'auteur explique que les stimuli reçus sont organisés et intégrés par l'interlocuteur qui utilise des informations déjà stockées dans sa mémoire, résultant de ses expériences tout au long de son existence avec des objets et l'environnement, pour transformer les sensations en significations, relations et jugements. Nous comprenons, en accord avec l'auteur, que plus l'information disponible dans l'environnement est claire, sûre

et équitable, plus les gens auront accès aux espaces et les comprendront, et, avec cela, les échanges et la coexistence dans ces lieux se dérouleront de manière plus juste et plus amicale et, par conséquent, l'expérience aura naturellement tendance à être positive.

Sur ce thème, Grandejean (1998, p. 199) écrit que « la perception n'est pas une copie authentique du monde extérieur ; le monde extérieur vécu subjectivement est perçu par un processus sensoriel et modulé par un processus purement subjectif ». L'auteur ajoute que « la perception nous fournit, en règle générale, des informations nécessaires pour une réaction adéquate au monde extérieur » (GRANDEJEAN, 1998, p. 200). Cela renforce l'idée que l'interprétation du monde basée sur nos expériences, lorsqu'elles sont confrontées aux informations que nous recevons constamment grâce à nos systèmes sensoriels disponibles, débouche sur des concepts et des actions.

Selon Okamoto (2002), ce processus se produit à la surface et à l'intérieur du corps. Outre les récepteurs externes, représentés par la vue, le toucher, l'odorat, l'ouïe et le goût, il y a ce que l'auteur définit comme le centre des sens internes, qui comprend l'instinct de survie, le sens de l'équilibre et du mouvement, entre autres qui finissent aussi par interférer dans le comportement. « Les sens sont les mécanismes d'interface avec la réalité. Lors de l'interprétation des stimuli externes, il y a la perception de l'environnement, il est donc possible d'agir dans cet environnement externe, dans lequel des actions projetées par des pensées conscientes et inconscientes sont pratiquées » (OKAMOTO, 2002, p. 116). Sur ce même sujet, Serrano (2000) avance que la perception commence par les organes des sens lorsqu'ils reçoivent un stimulus qui est ensuite envoyé au cerveau. Il s'agit d'un processus dans lequel un individu sélectionne, organise et interprète des stimuli et qui se caractérise par deux phases distinctes : la sensation et l'interprétation.

La sensation représente le mécanisme sociologique par lequel les organes sensoriels enregistrent et transmettent des stimuli externes. La sensibilité d'une personne à ces stimuli peut varier en fonction de plusieurs facteurs, comme celui de la santé de ses propres organes. Serrano (2000) cite en exemple la réalité vécue par une personne malentendante qui n'a pas la même perception des sons qu'une personne ayant une audition normale. Toutefois, d'après l'auteur, lorsqu'un des sens est défaillant, les autres sont renforcés, comme dans le cas des personnes malvoyantes qui, pour compenser leur manque de vision, potentialisent le toucher et l'ouïe, les rendant plus précis que chez les personnes qui n'ont pas ce type de restriction.

Ainsi, les sensations déclenchent l'interprétation, chargée d'organiser et de donner un sens aux stimuli reçus. En résumé, constituée par la sensation et l'interprétation, il est possible de considérer que la perception humaine est la réponse donnée aux stimuli captés par des récepteurs sensoriels qui collectent les informations existant dans l'environnement et qui, pour Chau (1995), ne sont pas dissociés. Ce qui est attendu, c'est la possibilité de

doter une expérience de sens. C'est-à-dire que le perçu est doté de sens et a un sens dans notre histoire de vie, faisant partie de notre monde et de nos expériences ; [...] c'est donc une relation du sujet avec le monde extérieur [qui] donne un sens au perçu et au perceuteur, et l'un n'existe pas sans l'autre ; le monde perçu est

qualitatif, significatif, structuré et nous y sommes en tant que sujets actifs. Cela signifie que nous donnons aux choses perçues de nouveaux sens et de nouvelles valeurs, parce que les choses font parties de notre vie et que nous interagissons avec le monde (CHAUI, 1995, p. 122-123).

Dans ce processus perceptif, Tuan (1980) ajoute la participation de la culture, en remarquant que les possibilités de percevoir et d'évaluer l'environnement sont influencées par des aspects culturels qui déterminent la vision du monde des individus et des groupes humains. Les gens perçoivent et interprètent une réalité aussi variée que les modes de vie. Les arguments de Carlin (2004) convergent dans ce sens lorsqu'il considère que la perception de l'environnement conduit l'individu à reconnaître l'environnement bâti comme un espace vivant.

Par les sens, l'espace architectural est perçu et transformé en espace symbolique, l'espace pensé et représenté dans l'esprit (image mentale). L'interprétation de l'espace symbolique, par la conscience et la pensée (où toutes les caractéristiques de l'individu sont incluses), conduira à la prise de décision, au comportement, à la transformation de l'espace architectural en espace de vie (CARLIN, 2004, p. 50).

Pour Bernardi et al. (2011, p. 228), « une grande quantité d'informations est reçue par les sens et utilisée pour organiser le comportement et l'interaction avec l'environnement. Les sens donnent des informations sur l'état physique du corps et de l'environnement ». Les auteurs comprennent l'espace comme le résultat de la somme de « valeurs objectives telles que la forme, la fonction, la couleur, la texture, l'aération, la température ambiante, l'éclairage, la sonorité, le signifiant et le symbolisme, c'est l'espace sensoriel et perceptif, ce qui se traduit par l'espace architectural sensible, de la communication et de l'architecture » (BERNARDI et al., 2011, p. 228). Cela concerne non seulement l'architecture et la communication, mais aussi les produits qui font partie du monde matériel auquel nous participons constamment et qui le composent de manière large et systémique.

En parlant des sens et de la communication, Gehl (2013, p. 47) précise que sur de longues distances, nous recueillons une quantité importante d'informations sur l'environnement, mais que l'intensité de ces informations a tendance à accentuer et à apporter des aspects émotionnels plus significatifs lorsque nous sommes à courte distance. Cela s'explique par le fait que les sens qui opèrent dans cette situation de courte distance sont davantage liés à nos émotions, comme l'odorat, le toucher et la capacité à reconnaître les signaux de température.

Gehl (2013, p. 34-35) mentionne que « ce n'est que lorsque la distance diminue à environ 100 mètres que nous pouvons voir le mouvement et le langage corporel dans les lignes générales ». Nous reconnaissons généralement une personne à une distance de 50 à 70 mètres et pouvons interpréter correctement les expressions faciales et les émotions à une distance de 22 à 25 mètres. Entre 50 et 70 mètres, nous sommes déjà dans le domaine de l'audition et à 35 mètres, il est possible, par exemple, de communiquer avec une personne à haute voix – avec des messages courts de 20 à 25 mètres et en conversation avec des détails, de 7 mètres à un demi-mètre de distance. Par contre, les autres sens ne peuvent entrer en

action que lorsque les distances diminuent encore, comme la perception de la sueur ou des parfums, des différences de température de la peau et du toucher ; ceux-ci s'installent dans la sphère intime (GEHL, 2013). Sur le même sujet, Pallasmaa (2011, p. 39) affirme, à propos de ce qu'il appelle l'architecture des sens que

chaque expérience émouvante avec l'architecture est multisensorielle ; les caractéristiques de l'espace, de la matière et de l'échelle sont également médiatisées par nos yeux, nos oreilles, notre nez, notre peau, notre langue, notre squelette et nos muscles. L'architecture renforce l'expérience existentielle, notre sentiment d'appartenance au monde, et c'est essentiellement une expérience de renforcement de l'identité personnelle. Au lieu d'une simple vision, ou des cinq sens classiques, l'architecture implique diverses sphères d'expérience sensorielle qui interagissent et se confondent les unes avec les autres.

Les considérations de Pallasmaa (2011) font évoluer le domaine de l'architecture. Elles peuvent également être appliquées aux disciplines qui collaborent directement à la construction du monde matériel complexe dans lequel nous vivons, comme le design industriel et l'ingénierie, par exemple, qui comme le domaine de l'architecture, sont déterminants pour notre processus d'interaction avec l'environnement bâti, notamment par la disponibilisation d'informations importantes qui interagissent avec ce que l'auteur appelle « l'expérience existentielle ».

Herssens (2011) attribue les expériences architecturales au résultat de la perception et affirme que les gens acquièrent ces expériences par le biais de leurs systèmes sensoriels. Les projets d'environnement bâti visent, en théorie, à créer de manière intégrée des expériences physiques, mentales, émotionnelles, spirituelles, sociales et virtuelles. Pour l'auteur, les difficultés les plus expressives se concentrent sur les qualités qui peuvent générer des perceptions olfactives, haptiques, gustatives et auditives. Dans certaines circonstances, l'esthétique visuelle annule simplement d'autres formes sensorielles. Le fait est que la condition humaine est au service de la primauté de l'œil, puisque la vision est le moyen le plus direct de recueillir des informations disposées dans l'environnement.

Le traitement des informations provenant du milieu dans lequel nous sommes insérés commence souvent par le dispositif de perception. La sensation se produit par l'intermédiaire de nerfs spécialisés appelés récepteurs, dont certains sont dispersés dans tout le corps et d'autres concentrés en un seul endroit et fonctionnent comme une partie d'un organe sensoriel. Bailey (1996) fait référence à dix récepteurs : la vision, l'ouïe, les sens kinesthésiques, les sens de la peau, le toucher, la douleur, la température, le goût, l'odeur, et vestibulaire. L'entrée dans le cerveau des informations provenant de ces dix récepteurs est généralement chargée de lancer le traitement des informations que nous identifions. De cette manière, tout stimulus avec lequel nous sommes en contact au cours de notre processus d'interaction avec l'environnement peut être classé comme un événement physique, une énergie qui entraîne des activités physiologiques liées à un organe sensoriel. Par exemple, un stimulus pour l'oreille est un son, provenant de la pression des ondes sonores résultant d'un certain déplacement causé par une certaine énergie. Ce qui se produit également au niveau

du bout des doigts, en fonction de la pression exercée sur eux. De même, il est possible de comprendre, selon cette logique, la relation entre le nez et l'odorat.

Un aspect important pour le processus de compréhension de la manière dont nous captions les messages contenus dans les environnements est l'inadéquation du stimulus, qui peut activer le système sensoriel, mais pas nécessairement l'organe sensoriel spécifique impliqué. Pour illustrer une situation de cette nature, Bailey (1996) affirme que le fait d'appuyer avec force sur l'œil entraînera une sensation visuelle, mais pas la sensation caractéristique de la vision normale qui se produit naturellement avec le stimulus de la lumière.

La plupart des gens peuvent ressentir un large éventail de stimuli provenant de sources internes et externes. Chaque système sensoriel est conçu pour répondre à un type de stimulus spécifique et sa fonction principale est de recevoir et de transformer l'énergie du stimulus en une forme que le cerveau peut reconnaître et traiter. Bailey (1996, p. 50) indique l'existence de quatre types :

1. Ceux situés dans les yeux, les oreilles et le nez, qui nous renseignent sur les changements qui se produisent à distance du corps.
2. Ceux présents dans la peau, qui nous donnent des informations sur les changements à proximité immédiate du corps.
3. Ceux se situant dans les organes viscéraux, qui nous indiquent les changements de nos organes internes.
4. Ceux qui se trouvent dans les muscles, les tendons, les articulations et le labyrinthe (oreille interne), qui nous informent sur les mouvements du corps et sa position dans l'espace.

L'auteur identifie et conceptualise les canaux sensoriels en relation avec la performance humaine de la manière suivante :

La vision : il s'agit peut-être du sens le plus important, celui qui est responsable de la transformation des stimuli lumineux en impulsions nerveuses par des réactions photochimiques. Les stimuli sont transmis par le nerf optique jusqu'au cerveau pour produire la sensation visuelle.

L'ouïe : elle est le second sens le plus important associé à la performance humaine après la vision. L'audition est particulièrement importante dans la communication orale. En outre, elle fournit des informations sonores, allant des signaux d'avertissement forts, à la musique douce. Le son est le résultat d'une fluctuation de la pression générée par la vibration d'une source quelconque et l'audition est le phénomène qui consiste à ressentir ces vibrations. Avant qu'une sensation auditive ne soit perçue, l'énergie acoustique doit déclencher une série d'événements mécaniques et neuronaux, en commençant par des ondes sonores qui se déplacent dans l'air et atteignent le tympan, qui transmet ensuite les réceptions à l'oreille interne. Les impulsions nerveuses sont ensuite transmises au cerveau.

Le sens Kinesthésique : c'est probablement le troisième sens le plus important lié à la performance humaine dans la plupart des systèmes (derrière la vue et l'ouïe). Il est utilisé lorsque les individus se positionnent, font des mouvements, contrôlent des forces, mesurent un poids. Pour que les individus puissent contrôler l'action, ils doivent connaître la position des parties du corps avant et après un mouvement. La synesthésie offre des informations sur la position des membres, la distance parcourue et la posture du corps dans son ensemble. Une caractéristique unique de la synesthésie est que la stimulation vient de l'intérieur du corps lui-même et non du monde extérieur.

Les sens de la peau : en accord avec Gibson (1966), Bailey (1996) avance que la surface du corps peut être classée comme un organe sensoriel au même titre que les yeux ou les oreilles, car la peau se trouve sur toute la surface du corps et assure un contact généralisé avec l'environnement immédiat. Les différents types de terminaisons nerveuses sur la peau correspondent à des stimuli mécaniques, thermiques, électriques et chimiques. Les sensations produites par ces différents stimuli prennent la forme de pression, de douleur, de froid et de chaleur.

Le toucher : c'est une pression ressentie lors de la formation d'une dépression sur la peau par un stimulus mécanique. Le récepteur cutané indique qu'un objet touche le corps et, dans certaines limites de localisation du toucher, la taille et la forme de cet objet et s'il est en mouvement, immobile ou vibrant.

La douleur : elle peut motiver et détériorer la performance humaine presque plus que tout autre stimulus. La douleur soudaine et inattendue est une sensation qui indique généralement une action immédiate. La douleur prolongée ou chronique est un phénomène totalement différent, avec des effets potentiellement négatifs profonds sur la performance humaine.

La température : la peau possède en outre des récepteurs sensibles aux changements de température. Les récepteurs thermiques sont stimulés par l'augmentation et la diminution de la température de la peau.

Le goût : une personne peut généralement identifier quatre qualités de goût distinctes : sucré, salé, aigre et amer. Toutes les sensations gustatives sont des combinaisons de ces quatre qualités gustatives primaires. Le plus sensible aux stimuli est la sensation de goût amer.

L'odeur : le sens de l'odorat est activé lorsqu'un stimulus odoriférant, sous forme de produits chimiques vaporisés, entre en contact avec des zones spécialisées dans la région supérieure de chaque narine. Certaines odeurs peuvent également impliquer des stimuli mécaniques et chimiques.

Vestibulaire : situé dans l'oreille interne, il fournit aux individus des informations sur leur position dans l'espace tridimensionnel et leur mouvement dans l'espace.

Adaptation sensorielle : la sensibilité de chaque canal sensoriel est modifiée par la présentation continue de stimuli à ce récepteur ou par l'adaptation à ces stimuli. Avec

l'adaptation, les récepteurs deviennent moins efficaces. Peu d'individus réalisent qu'il existe un processus d'adaptation qui augmente la performance des récepteurs. Lorsque l'œil s'adapte aux endroits sombres, certains récepteurs visuels deviennent plus sensibles au cours de l'adaptation. Cela se produit également lorsqu'un canal sensoriel perd sa capacité à fonctionner et qu'un autre prend la fonction de compensation. Normalement, les sens se combinent pour produire une expérience intégrée. En mangeant, par exemple, le goût des aliments sur la table, les tons de conversation et la musique de fond, ainsi que les sensations tactiles, les arômes et les saveurs des aliments se combinent pour enchanter l'expérience. Par conséquent, lorsqu'ils examinent l'adéquation des sens humains, les concepteurs doivent être conscients que ces sens ne sont pas utilisés individuellement, mais en combinaison. Cet aspect devient très important pour réfléchir aux actions de conception, même si elles sont particulières, mais dans une perspective systémique, car, d'une certaine manière, c'est ainsi que nous travaillons, en interagissant avec l'environnement.

Pour Pallasmaa (2012, p. 66), « à côté de l'architecture dominée par l'œil, il y a l'architecture tactile, musculaire et de la peau. Il existe aussi un type d'architecture qui reconnaît les sphères de l'ouïe, de l'odorat et du goût ». C'est donc peut-être précisément l'interprétation fragmentée que nous avons généralement du comportement des systèmes sensoriels humains lorsqu'ils absorbent les informations disponibles dans l'environnement qui devrait être discutée, examinée et utilisée au cours de cette thèse. Gutiérrez et Zúñiga (2010, p. 7) déclarent que le processus sensoriel « est le processus neurologique qui organise les sensations proprioceptives, vestibulaires, tactiles, visuelles, olfactives et auditives pour l'utilisation efficace du corps dans l'environnement, afin que le cerveau produise des réponses motrices, ainsi que des émotions, des perceptions et des pensées ».

Gibson (1966, p. 50), dans ses études sur la psychologie de la perception humaine, intitulées *The senses considered as perceptual systems (Les sens considérés comme des systèmes perceptifs)* soutient que l'acquisition d'informations est établie par cinq systèmes sensoriels – système de base d'orientation, système haptique, système visuel, système auditif et système olfactif/gustatif – et que les informations peuvent être obtenues avec n'importe lequel des systèmes perceptifs séparément ou par toute combinaison entre eux. Cela signifie qu'un sens ne valide pas un autre et qu'il n'est pas nécessaire qu'un sens acquière une signification auprès d'un autre. Les cinq systèmes sensoriels proposés par Gibson (1966) sont décrits ci-dessous dans le Tableau 1.

Tableau 1. Description des systèmes sensoriels humains proposés par Gibson (1966).

Système de base d'orientation
Responsable de l'équilibre et de l'orientation du corps et réagit aux forces de gravité, à la posture du corps dans l'espace et à ses axes de référence (vertical/horizontal, droite/gauche, avant/arrière) et à la sensation de mouvement indépendant et d'accélération du corps par rapport au temps et à l'espace (vitesse, distance, rythme et direction). Ce système s'articule de diverses manières, mais toutes sont directement liées à des informations disposées dans l'environnement et avec des caractéristiques différentes, telles que la gravité, la position du soleil dans le ciel ou un

bruit soudain. L'oreille interne (ou labyrinthe) fonctionne comme un statocyste⁶ et a pour fonction de détecter en permanence les forces de gravité et le déplacement du corps entier. Ce système est chargé de maintenir la position verticale de l'équilibre. Gibson (1966, p. 59) déclare que « l'orientation de la tête, des oreilles, des yeux, de la bouche, du nez et des mains dépend cependant de l'orientation du corps dans son ensemble par rapport à la terre ». Cela peut se produire à différents niveaux, à partir d'une orientation permanente par rapport à la terre, autrement dit, par rapport à la force de gravité et à la surface dans laquelle nous nous trouvons, ceux-ci étant les principaux facteurs de référence de l'environnement et fondamentaux pour l'orientation de base par rapport aux pentes et aux pentes de surface et pour garantir que les actions ultérieures établies avec l'environnement puissent se dérouler de manière satisfaisante. Après la reconnaissance des facteurs permanents, selon Gibson (1966), les orientations temporaires se produisent par rapport à des événements et des objets qui se présentent comme significatifs lors de l'interaction de l'homme avec l'environnement. Cependant, il existe une autre situation qui se produit à intervalles de temps et que l'auteur appelle la locomotion orientée. Cette situation peut être due à l'influence de plusieurs facteurs, comme par exemple, l'incidence d'une simple source lumineuse, et dépend de l'orientation de l'individu, ainsi que de la direction des organes récepteurs vers la source de stimulation. Il peut également s'agir de locomotion orientée, qui se présente à des destinations sur de longues distances. Pourtant, c'est l'orientation attribuée aux facteurs permanents de l'environnement qui est déterminante pour donner les conditions de base nécessaires à la réalisation d'autres activités pendant le processus d'interaction des personnes avec l'environnement bâti.

Système haptique⁷

Le système haptique associe le toucher passif et actif, la distinction des températures et le mouvement lui-même. Il répond aux récepteurs de température de la peau, aux déformations des tissus et des muscles et à la configuration des articulations. Celui-ci fonctionne lorsqu'un homme ou un animal sent des choses en contact avec le corps ou les extrémités, et pas seulement la sensation de pression sur la peau. Il s'agit, suivant l'auteur, d'un dispositif par lequel l'individu obtient des informations sur l'environnement. Il est donc configuré dans un système perceptif par lequel les animaux et les êtres humains sont littéralement en contact avec l'environnement à travers la peau, ses appendices, et du corps, avec ses membres. Il n'implique pas un organe de perception spécifique. Il s'agit d'un système coopératif entre des récepteurs situés dans les tissus et qui, ensemble, sont responsables du système haptique pour faire de l'ensemble du corps un organe actif de perception. Ces contributions se produisent simultanément et peuvent spécifier une grande variété de situations qui se déroulent dans des environnements et qui sont généralement attribuées à la perception visuelle. Toutefois, lorsqu'il y a une combinaison du toucher et de la vision, il est possible d'élargir considérablement la possibilité d'obtenir des informations lors de nos interactions avec l'environnement. Contrairement à d'autres systèmes de perception, l'haptique englobe le corps tout entier. On peut donc dire qu'il se traduit par un appareil perceptif étendu, qui nous permet d'atteindre une grande variété de perceptions. D'après Gibson (1966, p. 99), « les extrémités caractérisées par des organes sensoriels exploratoires constituent un aspect important de ce système, mais de manière complémentaire, les organes moteurs (anatomiquement parlant) sont aussi mobilisés pour réaliser la fonction haptique. Cette combinaison ne se retrouve pas dans le système oculaire ou auditif par exemple, c'est-à-dire que nous pouvons explorer les choses avec les

⁶ Semblable à une poche de fluide, dans laquelle sont fixés les poils sensibles au mouvement. Lorsque le fluide se déplace en fonction du mouvement du corps, les poils bougent également et enregistrent les différentes positions par rapport à la posture verticale.

⁷Le mot haptique vient d'un terme grec signifiant « capable de prendre possession ».

yeux, mais pas modifier l'environnement, par contre nous pouvons explorer et modifier l'environnement avec nos mains ». Les deux parties principales du système haptique résident dans la peau et le corps mobile. Comme le dit Gibson (1966, p. 100), « la peau a plusieurs appendices et le corps a à son tour une hiérarchie de membres positionnés sur un squelette ».

Système visuel

Responsable de la perception instantanée de l'environnement. Ce système apporte des informations relatives aux profondeurs, aux distances, à la configuration formelle et aux dynamiques qui s'ensuivent dans les espaces. Pour l'auteur, une personne peut être informée des choses par l'oralité, mais comme les ressources de la parole ont leurs limites, la création d'images se présente comme un ajout important au discours. L'être humain, tout au long de sa vie, stocke des informations grâce à la vision d'objets, de lieux, d'événements, d'animaux, de personnes. Des images, modèles, diagrammes et cartes le feront d'une manière que les mots ne peuvent pas faire. La vision contrôle également les mouvements des objets et des sujets dans l'espace, transportant des informations sur les plans spatiaux du support, leurs changements et l'individu dans l'environnement. Il est essentiel pour obtenir des informations, ainsi que pour définir l'orientation dans l'espace. C'est le seul système qui nous permet de prédire instantanément la proximité et la distance des objets dans l'espace.

Système auditif

Celui-ci est chargé d'écouter et d'identifier la direction des sons, de détecter la nature des sons et des événements vibrants. La fonction du système auditif n'est donc pas seulement de permettre l'éveil de sensations auditives. Sa fonction extérocentrique⁸ est de capter la direction d'un événement, de permettre l'orientation, de percevoir la nature d'un événement et de l'identifier. Sa fonction propriocentrique est d'enregistrer les sons émis par l'individu, notamment dans la vocalisation. Il est important de souligner que le front d'une onde sonore nous informe de la direction de la source et que la séquence des ondes sonores traduit la caractéristique mécanique de la source, son intensité. Ces informations sont très importantes pour la compréhension du comportement des messages sonores. Selon Gibson (1966, p. 81), « la première offre une orientation et un emplacement et la seconde une discrimination et une identification ». S'il y a plusieurs sources sonores dans l'environnement en même temps, plusieurs fronts d'ondes différents atteindront la tête d'un individu simultanément. Il est cohérent de supposer que lorsque différentes séquences d'ondes sont physiquement mélangées dans chaque tympan, les perceptions des messages correspondants se mélangent également et il peut être difficile de les séparer. Néanmoins, il est possible d'entendre différents sons de manière sélective. L'auditeur peut, en tournant la tête et en l'inclinant, synchroniser les entrées (oreilles) chacune à un son tout, et peut également faire correspondre les intensités des entrées à ces différents sons. Un autre aspect important cité par Gibson (1966) a trait au fait que les vibrations ont une signification objective puisqu'elles précisent leurs sources. Cela nous amène aux sons de la parole considérés comme des symboles, c'est-à-dire le langage. L'auteur souligne que le discours vocal ne se contente pas d'identifier le locuteur et de préciser son émotion ; il contient des symboles qui portent la signification des choses dans l'environnement commun à tous les individus et cela permet aux êtres humains de penser les mêmes choses, d'avoir des concepts en commun et de vérifier leurs concepts ensemble.

⁸ Contrairement à égocentrique, c'est une fonction « centrée sur l'extérieur »

Système olfactif/gustatif

Responsable de l'identification des odeurs et des goûts/saveurs, de la réaction à la composition chimique du milieu et des objets ingérés. La fonction de ce système de perception est, premièrement, d'évaluer et d'identifier l'origine de l'odeur dans l'environnement et, deuxièmement, de guider et de contrôler le comportement, y compris la locomotion, par rapport à la source. Un autre élément important lié à ce système sensoriel concerne l'identification des sources, qui dépendra de la spécificité des odeurs, confrontée aux informations dont disposent les gens sur une certaine odeur ou un certain goût, c'est-à-dire l'histoire de chaque personne ou groupe et aussi leur alimentation.

Source : Préparé par l'auteur, basé sur Gibson (1966).

Une des interprétations que l'on peut avoir de la théorie de Gibson (1966) est la possibilité de travailler avec la disposition des informations dans l'environnement, en prenant en considération son concept de systèmes sensoriels, de manière individualisée, mais en faisant émerger une perspective d'intégration, afin de collaborer pour la clarté et la facilité de participation des individus dans les environnements afin que des expériences positives se produisent.

A propos du traitement de l'information perçue par les systèmes sensoriels décrits par Gibson (1966), Bins Ely (2004) explique qu'il est basé sur des activités mentales, par lesquelles les représentations sont structurées à partir des connaissances acquises, donnant un sens aux éléments résultant de cette analyse perceptive. Selon l'auteur, ces activités ont essentiellement deux résultats : l'un interne au système cognitif, qui se rapporte au processus d'interprétation et d'utilisation d'informations, et l'autre associé au résultat comportemental direct, c'est-à-dire qu'il se rapporte aux décisions d'action. Dans ce sens, « la perception est donc le point de départ de toute activité humaine. C'est à partir d'elle que nous sommes nourris de toutes les informations nécessaires à notre orientation dans un environnement donné » (BINS ELY, 2004, p. 24).

Pour Lynch (1997, p. 4), « dans le processus d'orientation, le lien stratégique est l'image de l'environnement, le cadre mental général du monde physique extérieur dont chaque individu est porteur ». Cette image, explique l'auteur, « est le produit à la fois de la sensation immédiate et de la mémoire des existences passées, et son utilisation se prête à l'interprétation des informations et à l'orientation de l'action ».

Même si elles sont davantage axées sur les informations relatives aux images de la ville, résultant du processus visuel, les études de Lynch (1997) contribuent à la compréhension de l'orientation spatiale en tant que processus dynamique, guidé par la gestion des informations construites dans le passé et qui composent notre mémoire, ainsi que des informations instantanées que nous fournit l'espace vécu. Il s'agit donc du résultat de l'organisation de différentes informations qui permet à l'être humain de créer une base d'informations pour alimenter et favoriser son orientation et l'interaction qui en résulte avec l'environnement bâti et les artefacts en général.

En cas de réduction ou de manque d'informations visuelles – une condition extrême qui désavantage fortement les individus dans leur interaction avec l'environnement bâti –

la sensation de direction dépendra beaucoup plus de la structure de référence propre à l'individu (sens directionnel et tactile) et des possibilités de reconnaître des points de référence externes. Les sons seront l'un des plus importants fournisseurs d'informations extérieures, suivis par les odeurs dans une moindre mesure (DISCHINGER, 2000, p. 87).

Quant au processus d'orientation spatiale, Passini et Shields (apud BINS ELY, 2004, p. 24), le placent à deux niveaux : comme un phénomène d'abstraction de forme statique et comme un phénomène de forme dynamique et opérationnelle lié au mouvement de l'individu.

Ainsi, comprendre l'espace et, par conséquent, être orienté, implique non seulement la construction de cartes cognitives, mais aussi une série de processus mentaux orientés vers des solutions aux problèmes liés aux objectifs formulés lors du déplacement. Selon les mêmes auteurs, ce processus se compose de trois étapes : le traitement de l'information, la prise de décision et l'exécution de la décision.

Bins Ely (2004, p. 25) précise que « le traitement de l'information implique des opérations perceptives et cognitives qui, avec la prise de décision, feront partie de la résolution d'un problème d'orientation ». Elle souligne que « si l'information environnementale ne peut être perçue ou traitée, le déplacement des utilisateurs vers leur destination sera empêché » et, par conséquent, leur interaction sera limitée. Cela renforce l'importance pour les concepteurs d'obtenir des informations sur la façon dont les individus absorbent les messages dans l'environnement pour enrichir leur processus d'orientation.

Dans cette perspective, des efforts sont nécessaires pour étendre les initiatives relatives au développement de ressources pour le développement d'un projet. L'équipe responsable du projet doit être capable de contribuer à son développement avec un grand nombre d'informations de qualité à sa disposition, de manière claire et sûre, sur l'environnement bâti et les objets qui le composent, collaborant ainsi de plus en plus à l'interaction de l'être humain avec l'environnement. La participation de l'utilisateur est essentielle dans ce processus, puisqu'il peut exposer quels stimuli environnementaux revêtent, pour lui, une importance significative. L'anticipation des informations sur la manière dont nous captions les stimuli disposés dans l'environnement devient pertinente et peut contribuer à la génération de lignes directrices pour les projets dès les phases initiales de conception, en évitant la confrontation avec des informations de cette nature lorsque le projet est déjà consolidé ou dans sa phase finale.

Grâce à la contribution de ces informations pour guider et soutenir les actions dans les phases communément appelées « créatives » des processus de conception en architecture, nous entrevoyons la possibilité d'un travail dynamique qui contribue, de manière holistique et un peu plus humaine, au développement des environnements et des produits. Elles peuvent indiquer de nouvelles façons d'adapter les besoins des futurs utilisateurs à ce qui est en cours

de conception (le projet). Certes, dévoiler comment fonctionne la perception des utilisateurs dès les premières étapes de la conception, en particulier au stade de la créativité, n'est pas une tâche facile pour les concepteurs, mais ce qui est proposé ici est de réfléchir à des alternatives à « l'expérimentation », afin de mettre à disposition, de manière organisée, des informations sur le fonctionnement des systèmes sensoriels des personnes, dans le but d'élargir les connaissances, les possibilités de nouveaux concepts, les générations d'alternatives de conception initiales et de sensibiliser le concepteur à ce sujet.

3.4 L'UTILISABILITE COMME ASPECT ESSENTIEL DE LA CCU

Le terme utilisabilité dérive de l'anglais *Usability* et signifie la facilité et la commodité dans l'utilisation des produits et des systèmes. Selon Moraes et Frisoni (2001), l'utilisabilité n'est pas un concept nouveau, car les ergonomes travaillent avec celui-ci depuis 50 ans ou plus. Dans le domaine de l'ergonomie, l'expression « convivial à l'utilisateur » a d'abord été utilisée, mais elle était considérée comme très subjective, puis au début des années 1980, le terme « utilisabilité » est apparu (LANUTTI ; PASCHOARELLI, 2015).

En abordant le sujet de l'utilisabilité, lida (2005, p. 320) fait remarquer que

l'utilisabilité ne dépend pas uniquement des caractéristiques du produit. Elle dépend également de l'utilisateur, des objectifs définis et de l'environnement dans lequel le produit est utilisé. L'utilisabilité dépend donc de l'interaction entre le produit, l'utilisateur, la tâche et l'environnement. Ainsi, un même produit peut être considéré comme convenable par certains et insatisfaisant par d'autres. Ou encore, adapté dans certaines situations et inadéquat dans d'autres.

Nielsen (1993), avec une vision plus appliquée aux questions d'interface numérique, affirme que l'utilisabilité n'est pas une propriété unique et unidimensionnelle de l'interface utilisateur. Cela s'explique par le fait qu'elle a de multiples composantes et qu'elle est généralement liée à cinq attributs :

- **Apprentissage** : le système doit être facile à apprendre pour que l'utilisateur puisse rapidement commencer à travailler avec le système.
- **Efficacité** : le système doit être efficace dans son utilisation de sorte qu'une fois que l'utilisateur a appris le système, un niveau élevé de productivité soit possible.
- **Mémorabilité** : le système doit être facile à mémoriser afin que l'utilisateur puisse y revenir après un certain temps sans l'utiliser, sans avoir à tout réapprendre.
- **Erreurs** : le système doit avoir un faible taux d'erreur de manière à ce que les utilisateurs commettent peu d'erreurs lors de l'utilisation du système et, s'ils en commettent, qu'ils puissent facilement y remédier. Les erreurs à grande échelle ne devraient pas se produire.
- **Satisfaction** : le système doit être agréable à utiliser pour que les utilisateurs soient subjectivement satisfaits lorsqu'ils l'utilisent.

La norme ISO⁹-9241-11 (1998) définit l'utilisabilité comme « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs spécifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficacité et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié ». Dans la Figure 4, il est possible de visualiser la structure et les relations entre les éléments relatifs au concept d'utilisabilité présentés par la norme.

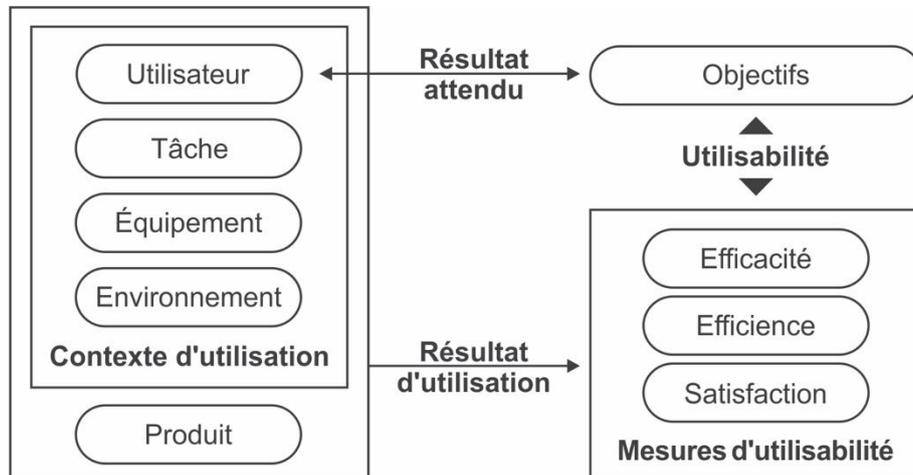


Figure 4. Représentation de la structure et de la relation entre les éléments relatifs au concept d'utilisabilité
Source : Préparé par l'auteur selon la norme ISO 9241-11 (1998)

Pour analyser l'utilisabilité, Jordan (1998, p. 6) déclare que le terme efficacité fait référence à « la dimension dans laquelle un objectif ou une tâche est atteint ». Dans certains cas, la distinction entre une tâche réussie ou non peut simplement être le succès ou l'échec de celle-ci. L'efficacité, en revanche, est liée à la « quantité d'efforts nécessaires pour atteindre un objectif ». Moins l'effort requis est important, plus grande est l'efficacité (JORDAN, 1998, p. 6). Dans ce cas, on entend par l'effort mesuré, par exemple, le temps nécessaire pour accomplir une tâche ou le nombre d'erreurs que l'utilisateur fait pour l'accomplir. La satisfaction, pour Jordan (1998, p. 7), renvoie au « niveau de confort que l'utilisateur ressent lorsqu'il utilise un produit et à quel point le produit est acceptable pour l'utilisateur comme moyen d'atteindre ses objectifs ». Il s'agit d'un aspect plus subjectif de l'utilisabilité par rapport à l'efficacité ou à l'efficience. Elle est peut-être plus difficile à mesurer, ce qui ne veut pas dire qu'elle est moins importante.

En conformité avec Jordan (1998), Rubin et Chisnel (2008, p. 4) précisent que « la satisfaction fait référence aux perceptions, sentiments et opinions de l'utilisateur sur le produit » et soulignent l'importance de comprendre que les buts et objectifs d'utilisabilité sont généralement définis en termes mesurables par un ou plusieurs attributs. En plus de la satisfaction qui doit être prise en compte – le produit doit être utile, efficace, efficient, satisfaisant, susceptible d'être appris et accessible. En ce qui concerne l'utilité, cet attribut est associé au niveau avec lequel un produit permet aux utilisateurs d'atteindre leurs buts et se

⁹ Organisation internationale de normalisation

caractérise comme une évaluation de la motivation des utilisateurs lors de leur interaction avec un système donné. Sans cette motivation, les autres mesures n'ont aucun sens.

Pour Rubin et Chisnel (2008), curieusement, l'utilité d'un produit ou d'un système est probablement l'élément le plus négligé lors des expériences et des études en laboratoire. Face à cela, il convient donc, dans les premières phases de développement du projet, d'accorder plus d'attention à ce qui est significatif et souhaitable avant d'envisager les autres éléments de l'utilisabilité. Rubin et Chisnel (2008, p. 5) expliquent que « bien que les chiffres puissent dire si un produit fonctionne ou non, il existe un élément qualitatif distinct pour l'utilité de quelque chose, ce qui est difficile à saisir avec des chiffres et difficile à définir ». En effet, les informations comportementales des personnes renseignent sur la nature d'un problème et il convient d'être plus prudent dans l'interprétation de ces informations afin d'adapter les réponses de manière appropriée à un problème donné.

Preece, Rogers et Sharp (2005, p. 35), lorsqu'ils abordent les différences entre les buts d'utilisabilité et ceux provenant de l'expérience de l'utilisateur, placent ces derniers en fonction de « la manière dont ils sont exploités, c'est-à-dire comment ils peuvent être atteints et par quels moyens ». Les buts d'utilisabilité sont destinés à répondre à des critères spécifiques d'utilisabilité, tels que l'efficacité, tandis que ceux dérivés de l'expérience de l'utilisateur sont destinés à expliquer la qualité de l'expérience, comme le fait d'être esthétiquement agréable. Cependant,

ni tous les buts d'utilisabilité ni ceux qui proviennent de l'expérience de l'utilisateur sont appliqués à tous les produits interactifs en cours de développement. Certaines combinaisons seront également incompatibles. Ce qui est important dépend du contexte d'utilisation, de la tâche à accomplir et qui sont les utilisateurs visés (PREECE ; ROGERS ; SHARP, 2005, p. 41).

L'utilisabilité est généralement considérée comme un facteur qui garantit que les produits sont faciles à utiliser, efficaces et agréables – du point de vue de l'utilisateur. De cette manière, cela implique de faciliter les interactions établies par les personnes avec l'environnement et les produits afin de leur permettre d'exercer leurs activités. Plus précisément, « l'utilisabilité est partagée en fonction des buts suivants : être efficace dans l'utilisation (efficacité), être efficient dans l'utilisation (efficacité), être fiable dans l'utilisation (utilité), être facile à apprendre (facilité d'apprentissage), être facile à retenir comment utiliser (mémorabilité) » (PREECE ; ROGERS ; SHARP, 2005, p. 36).

En ce qui concerne l'effet des caractéristiques d'utilisabilité par l'utilisateur, Jordan (1998, p. 8) écrit « qu'un produit utilisable par une personne ne sera pas toujours utilisable par une autre. Il existe un certain nombre de caractéristiques des utilisateurs qui permettent de prévoir combien facile ou difficile un produit est d'être utilisé par une certaine personne ». La CCU consiste à concevoir pour ceux qui utiliseront le produit. Il est donc fondamental que les concepteurs aient une idée claire des utilisateurs du produit et de leurs caractéristiques – tantôt physiques, qui peuvent se traduire par des interférences dans le produit, compte tenu des dimensions et des formes, tantôt cognitives, qui sont liées aux connaissances de

l'utilisateur sur la façon d'utiliser le produit, en particulier celles liées aux expériences antérieures.

Bien que de nombreuses méthodes d'évaluation de l'utilisabilité soient directement associées aux interfaces homme-machine et soient encore embryonnaires lorsqu'il s'agit de pratiques de conception architecturale, en particulier au moment du développement de l'environnement bâti, Jordan (1998) présente 10 principes d'utilisabilité considérés comme nécessaires pour guider le processus de conception. Ces principes se concentrent sur l'anticipation des actions et collaborent pour établir l'adaptation de la facile utilisation des environnements, des produits et des systèmes aux caractéristiques des futurs utilisateurs :

1. **Consistance** : fait référence à des tâches similaires qui doivent être effectuées de manière identique.
2. **Compatibilité** : concevoir pour la compatibilité signifie s'assurer que la fonction du produit est liée aux attentes de l'utilisateur, en s'appuyant sur ses connaissances.
3. **Prise en compte des ressources de l'utilisateur** : il est important que dans le cadre de l'interaction avec un produit ou un système, aucun canal sensoriel de l'utilisateur ne soit surchargé.
4. **Feed-back** : consiste à développer des interfaces qui fournissent des réponses claires sur toute action développée par l'utilisateur.
5. **Prévention et récupération des erreurs** : des produits peuvent être conçus de manière à ce que, si des risques d'erreurs se produisent, ils soient réduits au minimum et que les utilisateurs puissent rapidement et facilement se remettre de toute erreur qu'ils commentent.
6. **Contrôle par l'utilisateur** : les environnements, produits ou systèmes doivent être conçus en vue de permettre aux utilisateurs de contrôler les interactions possibles.
7. **Clarté visuelle** : il est important que les informations soient présentées afin de pouvoir être interprétées rapidement et facilement sans provoquer de confusion.
8. **Priorité des fonctionnalités et des informations** : lorsqu'un produit présente un large éventail de fonctionnalités, il convient de donner la priorité à certaines d'entre elles lors de la conception de l'interface du produit. L'établissement des priorités doit être fondé sur la fréquence d'utilisation de certaines fonctions ou sur l'importance comparative de différentes fonctions. Après avoir décidé quelles fonctions sont les plus importantes, celles qui sont considérées comme prioritaires peuvent recevoir plus d'attention dans le projet.
9. **Transfert approprié de la technologie** : consiste à appliquer des technologies qui ont été développées avec un objectif précis, dans un nouveau domaine, dans le but d'apporter de nouveaux avantages aux utilisateurs.
10. **Clarté de fonctionnement** : fait référence au développement de produits et de systèmes dont le mode de fonctionnement est clair ; sa fonctionnalité et son mode de fonctionnement doivent être intégrés.

Selon Cambiaghi (2007, p. 42), « l'utilisabilité concerne l'adéquation entre le produit, les tâches qu'il est destiné à accomplir et l'utilisateur qui l'utilisera ». Iida (2005, p. 321) est en accord avec Cambiaghi (2007) en affirmant que l'utilisabilité dépend « de l'interaction entre le produit, l'utilisateur, la tâche et l'environnement ». Il y a peut-être matière à la réflexion sur la relation mentionnée entre les produits, l'utilisateur, la tâche et l'environnement évoqué par les auteurs, surtout face au scénario complexe dans lequel nous vivons actuellement, où le flux d'informations est extrêmement abondant et avec une vitesse croissante. Le rôle de l'Architecture et du Design Industriel est peut-être aussi « de réinsérer les valeurs humaines et la sensibilité humaine dans le monde matériel, de rendre nos interactions avec le produit moins impersonnelles et strictement fonctionnelles, et plus relationnelles, agréables et fiables » (NIEMEYER, 2008, p. 52).

3.5 LA CONCEPTION UNIVERSELLE

L'approche universelle de la conception traduit un positionnement critique envers le développement des environnements, des produits et des services, ce qui contribue ainsi à la construction d'une société plus démocratique et plus durable. Pour Herssens (2011), la plupart des obstacles qui empêchent l'implication de nombreux citoyens et limitent le plein exercice de la citoyenneté active sont conçus et construits par les hommes. Pour cette raison, il est important qu'une dimension sociale soit toujours présente dans la pratique des projets. Il est nécessaire que le concepteur s'interroge sur l'adéquation à l'usage des espaces ou des produits qu'il imagine et, en raison de cela, il devient significatif d'avoir la connaissance la plus approfondie des caractéristiques physiques, sensorielles et cognitives de ceux qui ne correspondent pas à l'homme moyen, à « l'utilisateur lambda ».

La CU tend naturellement à élargir le potentiel des environnements et des produits construits. Cette approche de conception collabore à l'amélioration de l'interaction avec des environnements, des produits et des services pour le plus grand nombre de personnes possible et avec des caractéristiques différentes, sans se limiter à répondre aux demandes des personnes ayant des contraintes spécifiques.

Compte tenu de leurs significations étymologiques, la CU et la conception inclusive peuvent être définies comme deux variantes différentes, la CU étant chargée de créer des produits qui peuvent être utilisés de manière équitable, en excluant le moins de personnes possible de leur utilisation, tandis que la conception inclusive consiste à créer des produits pour un public ayant des caractéristiques limitantes, qui a besoin d'un équipement qui atténue les limitations et leur permet de maximiser leur intégration dans les activités quotidiennes (CRUZ, 2010, p. 5).

Certaines approches de conception collaborent avec des réflexions et des actions liées à l'équité dans l'utilisation des espaces construits, des produits et des services à différentes échelles, en adoptant des concepts tels que la CU, la conception inclusive et le design pour tous (ou *Design for All* en anglais). Il est important de souligner que, même si elles sont d'origines différentes et avec certaines distinctions, toutes ces approches partagent un objectif similaire, qui est celui de fournir l'accès et d'inclure d'une manière assurée,

confortable et égale les personnes dans la société (HEYLIGHEN, VAN DER LINDEN, 2017, VAN STEENWINKEL ; HERSSENS, 2011 ; SIMÕES ; BISPO, 2006).

Toutefois, les concepts de CU, de conception inclusive et de design pour tous impliquent des perspectives différentes sur le processus de conception. Il est important de remarquer que dans ce travail de thèse, nous nous intéressons davantage aux principes de CU développés par l'architecte américain Ronald Lawrence Mace¹⁰. Il a été la première personne à utiliser, faire connaître et appliquer le terme dans les années 1980, avec son équipe du *Center for Universal Design (CUD)* de *North Carolina State University*¹¹ (Centre pour la CU de l'Université d'État de Caroline du Nord), aux États-Unis, en diffusant les sept principes de la CU.

Simões (2006) signale les similitudes entre les différentes approches et les réconcilie avec le concept de CU formulé par Ronald Mace :

Dans une société démocratique, la pratique des projets doit intégrer une attitude éthique, de respect des droits de l'homme et la création de conditions pour l'exercice, par tous, d'une pleine citoyenneté dans des conditions d'égalité des chances. Conformément au principe selon lequel les gens sont différents et ont des capacités différentes, on considère que ce ne sont pas les gens qui doivent s'adapter aux exigences de l'environnement, mais plutôt que les produits et les environnements doivent répondre aux besoins des gens. La participation de différents types d'utilisateurs à l'identification des problèmes existants, dans l'élaboration de projets et dans l'évaluation des solutions proposées est un aspect important pour obtenir des produits et des environnements durables et de qualité, ainsi qu'une utilisation la plus complète possible (SIMÕES, 2006, p. 14).

Franco (2001, p. 86) affirme que « la CU est avant tout une méthodologie de travail qui met particulièrement en évidence une attitude critique envers l'acte de projet », et que « la principale matérialisation de ce concept est un produit – bien ou service – qui devrait être accessible au plus grand nombre de clients possible, indépendamment de leur âge, de leur situation financière, de leur niveau culturel, de leur capacité physique, entre autres ».

Il est important de noter que, même avec l'intérêt croissant pour ce sujet, « peu de professionnels ou d'institutions éducatives ont adopté l'architecture et la conception inclusive comme axe central de leur travail » (CAMBIAGHI, 2007, p. 80). Selon l'auteur, ces professionnels perdent la possibilité de bénéficier, entre autres choses, de la réduction du temps nécessaire à l'élaboration du programme des besoins des produits et services. Malgré cela, entre autres aspects, Cambiaghi (2007, p. 80) déclare que « nous pouvons souligner que suivre les concepts prévus dans la CU, signifie réduire le temps d'élaboration du programme des besoins des produits ou des services ». En renforçant la déclaration de l'auteur, Herssens (2011) fait remarquer que la plupart des concepteurs ne reconnaissent toujours pas les possibilités et les opportunités offertes non seulement par l'approche universelle, mais aussi

¹⁰ Fondateur du *Center for Universal Design* (Centre pour la CU) - groupe de travail de l'Université d'État de Caroline du Nord, États-Unis

¹¹ Bettye Rose Connel, Mike Jones, Ronald Mace, Jim Mueller, Abir Mullick, Elaine Ostroff, Jon Sanford ; Ed Steinfeld, Molly Story et Gregg Vanderheiden

par une conception inclusive et pour tous. En revanche, Boisadan (2018, p. 43), lorsqu'il commente les méthodes de conception de projets, déclare que « tout industriel peut adopter une approche de CU, le problème est qu'il y a peu de méthodes et outils clairement définis pour cela ». Heylighen, Van der Linden et Van Steenwinkel (2017, p. 507), en ce qui concerne l'environnement bâti, indiquent que « les environnements à CU peuvent offrir diverses qualités spatiales et possibilités d'utilisation de manières distinctes, en tenant compte des diverses compétences des personnes ».

Le fait est qu'en général, la compréhension du sujet a comme conséquences le développement d'un projet axé soit exclusivement sur les personnes ayant des restrictions ou soit sur les concepts d'accessibilité. La situation est donc plutôt vécue comme une obligation, et non comme un défi et une opportunité. Cela fait référence à ce que Simoes et Bispo (2006, p. 8) appellent

l'absence par rapport à une culture de la conception plus holistique et attribuent cela au fait que « les designers et les architectes sont habitués à concevoir pour un homme moyen mythique qui est jeune, en bonne santé, de stature moyenne, qui peut toujours comprendre comment fonctionnent les nouveaux produits, qui ne se fatigue pas, qui ne fait pas d'erreurs, mais qui n'existe pas réellement ».

Toutefois, si l'on considère que le concept de CU est clairement fondé du point de vue de la diversité humaine, on peut lui attribuer le caractère d'un principe de base visant à permettre au plus grand nombre des personnes d'accéder de façon fiable et confortable aux environnements, produits et services construits aux échelles les plus diverses.

3.6 LES SEPT PRINCIPES DE LA CU

Au début des années 1980, sept principes ont été élaborés au Centre pour la Conception Universelle de l'Université d'État de Caroline du Nord par un groupe de chercheurs composé d'architectes, d'ingénieurs, de concepteurs de produits et de spécialistes de l'environnement (Figure 5). Ces principes visent à guider les architectes et les concepteurs dans la conception de projets et à tester les produits devant les utilisateurs afin de développer des produits et des environnements plus fonctionnels (CONNELL et al., 1997 ; CUD, 2002 ; CUD, 2003 ; CAMBIAGHI, 2012), et aussi à « systématiser les concepts de CU pour la recherche technique et l'information théorique de référence, ainsi que pour l'incorporation dans d'autres institutions pédagogiques » (CAMBIAGHI, 2007, p. 73). Ces principes sont expliqués ci-dessous (CUD, 1997 ; SIMÕES ; BISPO, 2006).

Les principes de la Conception Universelle

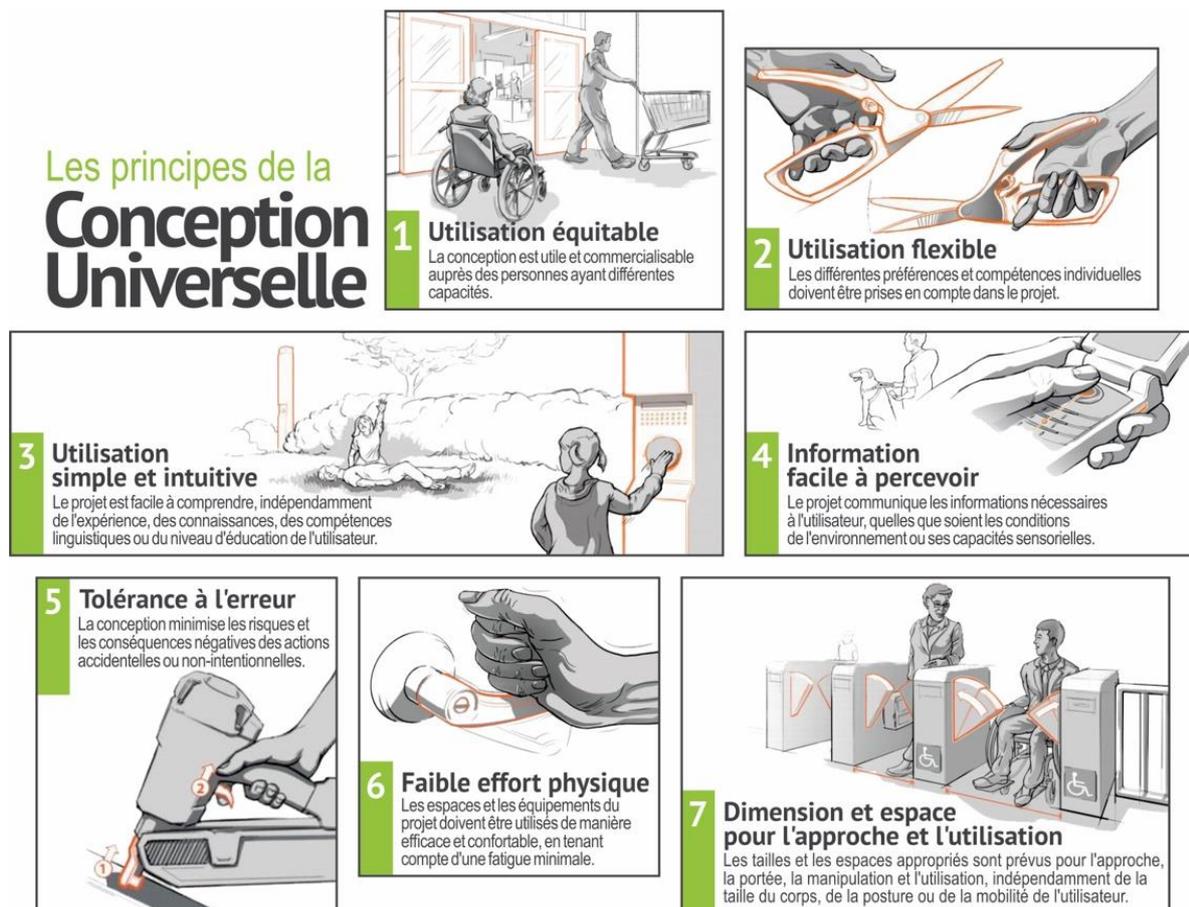


Figure 5. Principes de CU

Source : Développé par l'auteur sur la base de (CUD, 1997)

Principe 1 – Utilisation équitable : la conception est utile et commercialisable auprès des personnes ayant différentes capacités.

- a) Fournit à tous les utilisateurs les mêmes moyens d'utilisation.
- b) Met également à la disposition de tous les utilisateurs.
- c) Évite de mettre à part ou de stigmatiser les utilisateurs en ce qui concerne la vie privée, la protection et la sécurité.
- d) Rend la conception attrayante à tous les utilisateurs.

Principe 2 – Flexibilité d'utilisation : tient compte d'un large éventail de préférences et de capacités individuelles.

- a) Permet de choisir le mode d'utilisation.
- b) Prévoit l'accès et l'utilisation par les droitiers ou les gauchers.
- c) Facilite l'exactitude et la précision de l'utilisateur.
- d) Assure l'adaptabilité au rythme de l'utilisateur.

Principe 3 – Utilisation simple et intuitive : l'utilisation est facile à comprendre, indépendamment de l'expérience, des connaissances, des compétences linguistiques ou du niveau actuel de concentration de l'utilisateur.

- a) Élimine toute complexité inutile.

- b) Fait preuve d'uniformité aux attentes et à l'intuition de l'utilisateur.
- c) Tient compte d'un large éventail de compétences linguistiques et de niveaux de formation.
- d) Organise les informations de manière à ce qu'elles soient cohérentes avec leur importance.
- e) Assure des préparations et réponses efficaces pendant et après l'exécution des tâches.

Principe 4 – Information perceptible : communique efficacement à l'utilisateur les informations nécessaires, quelles que soient ses capacités sensorielles ou les conditions environnementales.

- a) Utilise différents modes (pictographique, verbal, tactile) pour présenter de façon redondante des informations essentielles.
- b) Maximise la « lisibilité » des informations essentielles.
- c) Différencie les éléments sous des formes qui peuvent être décrites, ce qui permet de donner facilement des instructions ou des conseils.
- d) Être compatible avec la diversité des techniques ou des équipements utilisés par les personnes ayant des limitations sensorielles.

Principe 5 – Tolérance à l'erreur : minimise les risques et les conséquences négatives d'actions accidentelles ou non intentionnelles.

- a) Ordonne les éléments, en vue de diminuer les risques et les erreurs.
- b) Assure la mise en garde contre les risques et les erreurs.
- c) Fournit des fonctions de sécurité par rapports aux échecs.
- d) Décourage l'action inconsciente dans les tâches qui nécessitent de la vigilance.

Principe 6 – Effort physique minimal : peut être utilisé de manière efficace et confortable et avec un minimum de fatigue.

- a) Permet à l'utilisateur de maintenir une position corporelle neutre.
- b) Utilise des forces raisonnables pour opérer.
- c) Réduit au minimum des opérations répétitives
- d) Minimise l'effort physique continu.

Principe 7 – dimension et espace pour l'approche et l'utilisation : une taille et un espace appropriés sont prévus pour l'approche, la portée, la manipulation et l'utilisation, indépendamment de la taille du corps, de la posture ou de la mobilité de l'utilisateur.

- a) Offre un champ de vision dégagé pour les éléments importants pour tout utilisateur assis ou debout.
- b) Rend le champ d'application de tous les composants confortables pour tout utilisateur assis ou debout.
- c) Tient compte des variations de taille de prises ou de poignées.
- d) Prévoit un espace suffisant pour l'utilisation d'aides techniques ou d'assistance personnelle.

La revue de la littérature présentée ici a d'abord porté sur la manière dont les canaux sensoriels aident à percevoir l'environnement. Cela nous a permis de comprendre comment nos systèmes sensoriels sont organisés pour collecter des informations de notre environnement et les restituer dans un processus d'interaction, permettant alors nos actions. Il est donc essentiel de connaître ces informations sur nos systèmes sensoriels pour la sensibilisation des concepteurs pendant le processus de développement du projet.

D'autre part, il a également été possible de comprendre l'importance des informations présentes dans l'environnement bâti, afin de permettre la compréhension de ses attributs pour faciliter l'interaction du plus grand nombre de personnes possible. Dans ce sens, les considérations sur le thème de l'Utilisabilité ont été placées comme un aspect primordial du projet et de sa relation directe avec l'utilisateur, contribuant à l'établissement de critères pour faciliter l'utilisation des environnements, des produits et des systèmes. Enfin, des précisions ont été apportées sur les termes « CU » dont les principes sont fortement liés aux notions d'équité et d'accessibilité.

4. CONSTRUCTION THÉORIQUE - ETAPE 2

L'architecture et le design industriel sont des domaines dont les activités sont directement liées au développement de projets ; l'architecture, généralement, dans des dimensions plus importantes, notamment lorsque l'on se réfère à des environnements construits, à ses échelles les plus diverses, et le design industriel, ayant traditionnellement des liens forts avec des processus industriels en série, orientés vers les objets, la communication et les services. Néanmoins, la complexité qui caractérise généralement la conduite de projets dans ces domaines est très présente, en particulier lorsque l'on comprend l'importance de l'approche systémique pour la résolution des problèmes.

Nous considérons que l'intégration de l'utilisateur au centre du processus, pour l'architecture ou le design industriel est significative pour la qualité de la construction du monde matériel avec lequel nous interagissons quotidiennement. Dans cette perspective, ce chapitre de la thèse est consacré à la compréhension de certaines propositions de méthodologies¹² de conception utilisées dans les deux domaines depuis les années 1960, lorsqu'elles se sont multipliées et ont été davantage discutées, appliquées et améliorées au sein d'un projet.

Nous nous concentrons sur les transformations qui ont eu lieu dans les approches de conception, à travers des propositions matérialisées par des méthodes¹³ présentées dans des périodes et des contextes différents. Nous concluons ce chapitre par les efforts actuels d'approches et de dynamiques de conduite de projets dans lesquelles l'être humain (l'utilisateur) et son expérience sont au centre de l'attention de manière plus intense et intégrée tout au long du cycle de développement des environnements, des produits et des services. Nous avons l'intention de présenter ici un aperçu du processus de conception et de souligner l'importance de l'approche centrée sur l'utilisateur pour les deux domaines.

4.1 UN PARCOURS A TRAVERS LES METHODES DE CONCEPTION EN ARCHITECTURE ET EN DESIGN INDUSTRIEL

En règle générale, le déroulement d'un projet est réalisé à l'aide de méthodes qui visent à guider et à organiser le chemin à suivre lors du développement du projet dans différents domaines, notamment l'architecture et le design industriel. Bomfim (1995, p. 7) souligne que « l'utilisation de méthodes comme outils auxiliaires dans l'accomplissement d'une tâche est

¹² Selon Bomfim (1995, p. 23), la méthodologie pour le développement de projets « est la discipline qui traite de l'application de méthodes à des problèmes spécifiques et concrets ».

¹³ La méthode « est le chemin vers un objectif » (PEACE, 2015, p. 5). Elle peut également être comprise comme l'ensemble des « procédures logiques et auxiliaires dans le développement de projets » (BOMFIM, 1995, p. 9).

quelque chose d'aussi vieux que le travail de l'homme lui-même. Toute activité rationnelle suit, explicitement ou non, une procédure logique qui permet d'atteindre un certain objectif ».

Bürdek (2006, p. 226) rapporte que, peu après la Seconde Guerre mondiale, les pays industrialisés d'Europe ont connu une croissance économique considérable. La concurrence entre les pays liés à une économie de marché s'est rapidement intensifiée, générant un environnement de concurrence internationale, que nous comprenons aujourd'hui comme la mondialisation. Dans ce contexte, le processus de développement a dû s'adapter à différentes conditions, ce qui signifie qu'il a fallu cesser d'adopter des méthodes de configurations subjectives et émotionnelles issues de la fabrication, puisque les entreprises cherchaient à rationaliser les processus de conception, de construction et de production. Il était alors nécessaire que les équipes projets s'efforcent d'intégrer des méthodes scientifiques dans les processus de conception. La *Hochschule für Gestaltung Ulm* (École supérieure pour le design d'Ulm, connue sous l'acronyme HFG), en Allemagne, a joué un rôle décisif dans ce processus.

Cependant, Van der Linden et Lacerda (2012, p. 89) signalent que l'étude des méthodes est un fait relativement récent, compte tenu du fait qu'au début des sociétés industrielles et surtout « à partir des années 1950 et notamment tout au long des années 1960, il y a eu un grand effort dans plusieurs domaines fonctionnant par projets pour le développement des méthodes ». Dans cette période, selon les auteurs, « on a observé l'apogée de la méthodologie projectuelle, au moment où les intérêts anglo-saxons et teutoniques se sont tournés vers ce champ, jusqu'alors maintenu dans un état de tranquillité bucolique » (VAN DER LINDEN ; LACERDA, 2012, p. 89). Ce processus a abouti à

l'académisation de la méthodologie, institutionnalisée en tant que discipline universitaire. Les partisans de cette nouvelle discipline ont constaté le sous-développement relatif et le retard de l'activité des projets, par rapport à d'autres domaines de connaissance, notamment technico-scientifiques (BONSIEPE, 2012, p. 90).

Pour Bonsiepe (2012, p. 90), « il est clair que dans le champ technologique de l'industrie, il est nécessaire de disposer d'instruments fiables à destination des équipes projets, y compris dans l'architecture et le design industriel ». L'auteur affirme que les « méthodologues » de l'époque ont essayé – et ceux d'aujourd'hui essaient – d'une part, d'expliquer et de modéliser le processus de conception et, d'autre part, de faire une description de techniques spécifiques, semblable à une recette de cuisine, pour le concepteur.

Comme Bonsiepe (2012), Munari (1981) soutient que la méthode, dans sa structure, ne change pas beaucoup ; elle ne change que les domaines d'opération et la complexité du projet – et cela s'applique à plusieurs secteurs. En bref, la trajectoire de la méthode traite les données jusqu'à leur réponse finale, en fonction du temps et des ressources disponibles (humaines, financières et techniques), en phases structurées, généralement de manière linéaire. De cette manière, la méthode de conception des produits « n'est qu'une série d'opérations nécessaires disposées dans un ordre logique dictée par l'expérience » (MUNARI, 1981, p. 20). Les méthodes de conception développées dans les années 1960, appelées

première génération, étaient fortement liées au paradigme cartésien et étaient considérées comme systématiques, rationnelles et scientifiques. Elles ont répondu aux exigences du projet dans une période marquée par le fonctionnalisme (CROSS, 1993 ; VAN DER LINDEN ; LACERDA ; AGUIAR, 2010 ; EL MARGHANI, 2010). D’après Cross (1993, p. 16), les premiers livres sur la méthodologie des projets sont également apparus à cette époque : Hall (1962), Asimow (1962), Alexander (1964), Archer (1965). Le Tableau 2 rassemble une série de méthodes importantes développées dans les années 1960.

Tableau 2. Méthodes significatives développées dans les années 60.

Année	Méthode	Origine		
1962	Morphologie de la conception	Morris Asimow	Ingénieur	États-Unis
1963	Méthodologie de base pour la conception de produits	Hans Gugelot	Architecte	Indonésie
1964	Modèle emblématique du processus de conception	Mihajlo Mesarovic	Ingénieur	Yougoslavie
1964	Conception consciente ou inconsciente (de soi-même)	Christopher Alexander	Architecte	Autriche
1964	Séquence biologique de résolution du problème	Leonard Archer	Ingénieur	Angleterre
1964	Procédure de base de conception	Leonard Archer	Ingénieur	Angleterre
1969	Programmation et conception	William Penã e Steven Parshall	Architectes	États-Unis

Source : Préparé par l'auteur, basé sur Di Russo (2016), Pezinni (2016), Bürdek (2006) et Dubbelry (2005).

Dans l'évaluation de Bonsiepe (2012, p. 93), « les méthodologies des années 1960 n'ont pas mis l'accent sur certains aspects désormais considérés comme indispensables », tels que « le respect de certaines minorités de la population comme les personnes âgées et celles souffrant de handicap ». Connues sous le nom de « recherche sur les systèmes de première génération », ces méthodologies ont été profondément marquées par les sciences exactes, caractérisées par une forte représentation linéaire, c'est-à-dire divisant le projet en étapes bien définies et successives. Elles étaient basées sur la compréhension du problème, suivis de la génération d'alternatives et de la sélection et, enfin, des simulations et de la mise en œuvre de la proposition (BÜRDEK, 2006).

Prenant ses distances par rapport à cette première génération de méthodologies de projet qui était basée sur l'application de méthodes systématiques et rationnelles comprises comme « scientifiques », la deuxième génération (à partir du début des années 1970) s'est éloignée des tentatives d'optimisation des processus et de la position prédominante des concepteurs, ouvrant l'espace à des processus plus participatifs, dans lesquels les concepteurs ont adopté une posture de plus grande proximité avec les clients et les utilisateurs. L'accent était davantage mis sur l'architecture, par rapport au design industriel et à l'ingénierie qui, à cette époque, développaient leurs méthodologies dans des directions différentes (CROSS, 1993). John Christopher Jones (1976) et Christopher Alexander (1971) critiquent la nature

logique et systématique des méthodologies de la première génération à un moment de l'histoire où le climat socioculturel de la fin des années 1960 était marqué par un nouvel humanisme libéral et le rejet des valeurs antérieures (CROSS, 1993).

L'œuvre de Jones (1976), *Design methods*, est une réflexion liée au processus de projet. L'auteur examine le processus du projet en trois étapes : divergence, transformation et convergence (schématisé dans la Figure 6). La divergence peut être interprétée comme un accroissement des limites du projet, dans le sens d'élargir les possibilités de recherche et d'améliorer ainsi les chances de trouver des solutions pour les projets en cours. Dans la transformation, les propositions de projet sont matérialisées de manière créative et, dans la phase de convergence, le choix entre les options présentées permet de définir une trajectoire d'affinement du projet pour la mise en œuvre de la proposition finale.

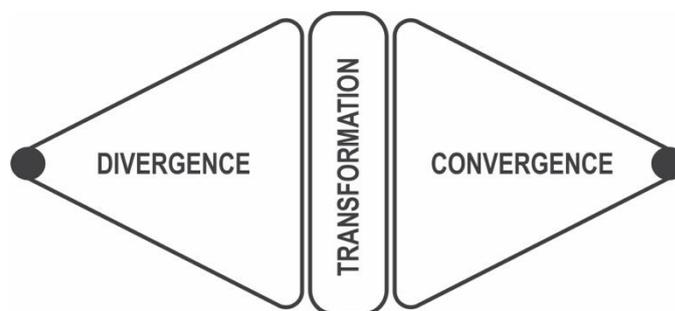


Figure 6. Processus de projet Jones (1976).
Source : Préparé par l'auteur, basé sur Jones (1976).

Au cours de cette période, des études sur la collaboration entre utilisateurs (user-collaboration), ou co-design, ont également vu le jour dans le cadre d'études de projet d'interaction et de projet pour l'expérience, visant à comprendre l'utilisateur d'une manière plus globale (DI RUSSO, 2016). Les utilisateurs ont commencé à aider à la définition des solutions et la méthodologie linéaire a perdu du terrain au profit de la méthodologie cyclique, caractérisée par des allées et venues entre les différentes étapes du processus (BÜRDEK, 2006). Le Tableau 3 rassemble quelques méthodes significatives développées dans les années 1970.

Tableau 3. Méthodes significatives développées dans les années 70.

Année	Méthode	Origine		
1970	Projet du système homme-machine	John Christopher Jones	Ingénieur	Pays de Galles
1971	Méthode de conception	Bernhard Bürdek	Designer	Allemagne
1972	Analyse-synthèse	Donald Koberg et James Bagnall	Ingénieur et architecte	États-Unis
1976	Löblich	Bernd Löblich	Designer	Allemagne

Source : Préparé par l'auteur, basé sur Di Russo (2016), Pezinni (2016), Bürdek (2006) et Dubbelry (2005).

Spécialement, après les travaux de Jones, dont la première édition de son œuvre a été lancée en 1970, un nombre important de nouvelles méthodes est apparu. Parmi les nombreux travaux, ceux de Löbach (1976), Lawson (1980), Bonsiepe (1984), Munari (1981), Schulmann (1994), Manzini et Verzzoli (1998) et Pahl et al. (2005) peuvent être cités. Ces travaux ont été publiés dans plusieurs pays industrialisés, y compris dans les pays dits périphériques, principalement en raison des progrès constants des produits en termes de complexité formelle et constructive aux échelles les plus diverses, ainsi que des transformations socio-économiques qui se produisaient à un rythme de plus en plus accéléré. Ces phénomènes ont intensifié la création de méthodes et la production de littérature spécialisée à ce moment historique. Certaines de ces méthodes sont regroupées dans le Tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4. Méthodes développées dans les années 80.

Année	Méthode	Origine		
1980	Processus créatif	Bryan Lawson	Architecte	Angleterre
1982	Modèle de processus général d'ingénierie de conception	Vladimir Hubka	Designer	République Tchèque
1984	Processus du projet	Gui Bonsiepe	Designer	Allemagne
1984	Processus de conception	Gerhard Pahl et Wolfgang Beitz	Ingénieurs	Allemagne
1985	Processus d'ingénierie de conception	Michael French	Ingénieur	Angleterre

Source : Préparé par l'auteur, basé sur Di Russo (2016), Pezinni (2016), Bürdek (2006) et Dubbelry (2005).

Toutefois, en général, le processus de conception de l'environnement, tout comme celui des produits, suppose une structure qui suggère communément des étapes consistant en analyse, synthèse et évaluation, quelle que soit la demande à satisfaire. De cette façon, apparaissent des modèles dont les méthodes, les techniques¹⁴ et les outils¹⁵ qui les composent peuvent s'ajuster à chaque défi, étant toutefois directement lié aux étapes et applicables à toute situation de projet.

Löbach (2001) décrit le processus de conception comme un processus créatif dans la recherche de solutions à des problèmes : au moment où il y a un problème qui peut être défini, on recueille des informations qui sont analysées et mises en relation de manière créative et sur la base de critères d'intérêt pour le projet en question. Ainsi, lorsque le problème est abordé de manière plus large, il y aura plus de possibilités de combinaisons entre les variables qui peuvent collaborer pour générer de nouvelles solutions. Dans ce cadre, Löbach (2001, p. 141) indique que « le processus de développement de projet à des fins didactiques peut être divisé en quatre phases distinctes ».

¹⁴ Les techniques sont des moyens intermédiaires de résolution de problèmes (BOMFIM, 1995, p. 19), tels que l'analyse des fonctions et du programme.

¹⁵ Selon Bomfim (1995, p. 19), les outils utilisés dans la conception sont des instruments physiques ou conceptuels tels que des symboles mathématiques, des tableaux, des listes de contrôle, etc.

Selon l'auteur, et conformément aux caractéristiques qui ont composé les méthodologies de la deuxième génération, les phases du projet ne se produisent en fait jamais séparément ; elles dialoguent entre elles avec des avancées et des retours, en fonction des dynamiques de chaque situation. L'auteur les formalise comme indiqué dans la Figure 7 ci-dessous.

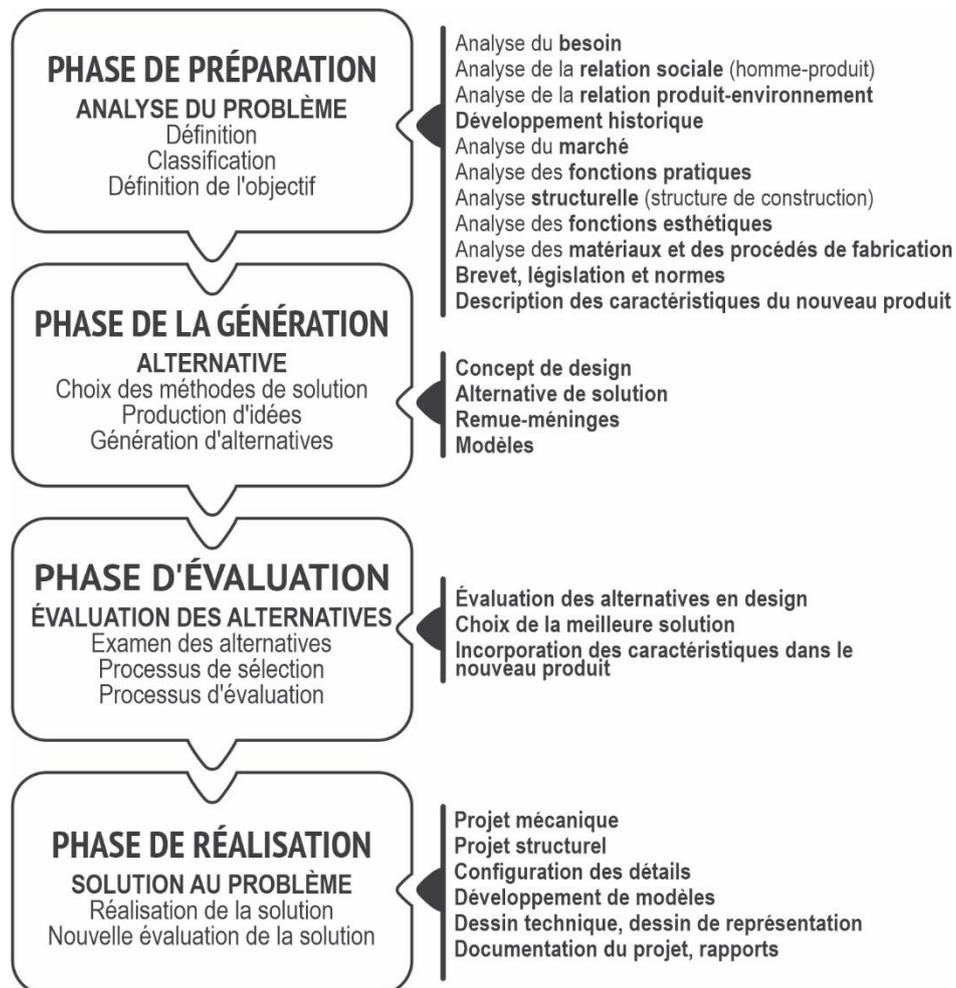


Figure 7. Schéma adapté de la proposition de méthode de conception de Löbach (2001).
 Source : Préparé par l'auteur, basé sur Löbach (2001).

Löbach (2001) apporte également une contribution importante lorsqu'il souligne que, pour mener à bien un bon développement de projet, le concepteur doit porter son attention sur les **trois fonctions pratique, esthétique et symbolique** qui donneront les attributs dans la recherche d'une solution au problème. D'une certaine manière, ceci suggère pour les personnes impliquées dans le développement des projets, un regard attentif sur les caractéristiques physiologiques (utilisation), sensorielles (perception) et sociales (psychologiques) des futurs utilisateurs. Ces fonctions sont expliquées ci-après :

1. **Fonction pratique** : elle concerne l'ensemble des relations entre le produit et ses utilisateurs qui se situent au niveau organo-corporel. « Ce sont les fonctions de tous les aspects physiologiques de l'utilisation » (LÖBACH, 2001, p. 58).
2. **Fonction esthétique** : elle intervient dans la relation entre l'utilisateur et un produit au niveau des processus sensoriels. « La fonction esthétique des produits est un aspect

psychologique de la perception sensorielle lors de leur utilisation ». De ce fait, créer la fonction esthétique du produit « signifie configurer les produits en fonction des conditions perceptuelles de l'homme » (LÖBACH, 2001, p. 59).

3. **Fonction symbolique** : elle apparaît lorsque la personne perçoit des produits en établissant des liens avec des expériences et des sensations déjà vécues. La « fonction symbolique des produits est déterminée par tous les aspects spirituels, psychiques et sociaux de leur utilisation » (LÖBACH, 2001, p. 64).

Pour Munari (1981, p. 19), « la méthode de conception pour le concepteur n'est pas quelque chose d'absolu ou de définitif ; c'est quelque chose qui peut être modifié quand on trouve d'autres valeurs objectives qui améliorent le processus. Et ce fait, elle dépend de la créativité du concepteur qui, en appliquant la méthode, peut découvrir quelque chose pour l'améliorer ». Cette déclaration de l'auteur soutient l'idée que la méthode de conception – et cela s'étend au domaine de l'architecture – n'est pas rigide et fermée, mais est une invitation à un processus d'amélioration continue, afin que des ajustements puissent être apportés en fonction de la complexité et des circonstances des projets.

Cependant, pour l'auteur, les concepteurs accordent une importance fondamentale à l'adoption d'une méthode déjà éprouvée. Suivant l'affirmation selon laquelle « la série d'opérations de la méthode de développement de projet est faite de valeurs objectives qui deviennent un instrument de travail entre les mains du concepteur créatif », l'auteur affirme que la méthode contribue à un environnement créatif et innovant, évitant le gaspillage de temps et de ressources, très différent de la possibilité pour le concepteur, au nom de la « liberté créative », de mener le projet de manière improvisée et « libre ». Pour l'auteur, il y a des aspects et des actions qui doivent être vécus avant d'autres et avec cela, le cheminement du projet devient plus sûr, plus précis et avec une plus grande optimisation du temps.

Munari (1981) présente une séquence bien définie avec des étapes intermédiaires, schématisées dans la Figure 8. Un descriptif de chacune de ces étapes est donné ci-dessous.

1. **Problème** : le problème ne peut être résolu par lui-même ; pourtant, il contient déjà tous les éléments de solution ; il est nécessaire de les connaître et de les utiliser dans le projet pour parvenir à la solution.
2. **Définition du problème** : de nombreux concepteurs cherchent immédiatement à trouver une idée pour résoudre le problème auquel ils sont confrontés. L'idée est nécessaire, sans aucun doute, mais il est d'abord important de définir le problème.
3. **Collecte des données** : le principe de la division du problème en parties afin de l'analyser fait référence à la méthode cartésienne. Comme les problèmes deviennent de plus en plus complexes et parfois compliqués, il est essentiel que le concepteur dispose d'une série d'informations sur chaque problème unique pour une plus grande sécurité de la conception.

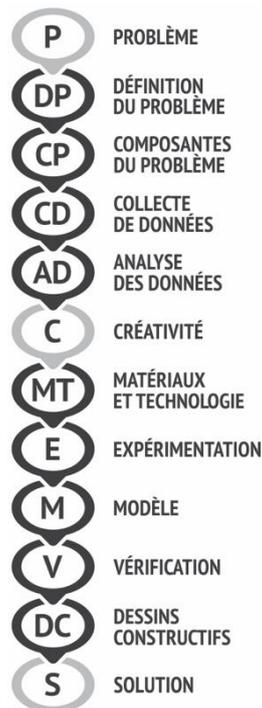


Figure 8. Schéma adapté de la proposition de méthode de conception de Munari (1981).
Source : Préparé par l'auteur, basé sur Munari (1981)

4. **Analyse des données** : si l'idée, liée à la fantaisie, peut amener à proposer des solutions irréalisables pour des raisons techniques, matérielles ou économiques, la créativité reste aux limites du problème, limites qui résultent de l'analyse des données et des sous-problèmes.
5. **Créativité** : si l'idée est quelque chose qui devrait fournir la belle et toute prête solution, la créativité prend en considération, avant de décider d'une solution, toutes les opérations nécessaires qui suivent l'analyse des données.
6. **Matériaux et technologie** : à ce moment, d'autres données sont recueillies sur les possibilités des matériaux et des technologies disponibles pour le projet. La créativité dirige l'expérimentation des matériaux et des instruments pour obtenir d'autres données utiles qui établissent des relations avec le projet.
7. **Expérimentation** : c'est la phase où commencent les travaux avec les matériaux et les procédés. À ce niveau, il est possible de résoudre des problèmes qui semblaient insolubles auparavant.
8. **Modèle** : après toutes les phases précédentes, le modèle qui synthétise les idées par rapport à l'objectif du projet est structuré. Ce n'est pas la solution définitive, mais elle présente déjà suffisamment de données pour mettre en évidence que les risques d'erreur sont beaucoup plus faibles.
9. **Vérification** : c'est le moment d'observer les défaillances éventuelles et de procéder aux ajustements nécessaires en ce qui concerne tous les aspects du produit. Des tests sont souvent effectués à ce stade.

10. **Dessins de construction** : ils sont liés à la documentation du processus, depuis une simple esquisse jusqu'aux dessins détaillés et aux rapports.
11. **Solution** : proposition qui représente la synthèse des données collectées et traitées à toutes les étapes.

Sur la prédominance de la vision et sur la façon dont nous continuons à concevoir des produits de manière à ce qu'ils soient perçus principalement par le système visuel, Munari (1981) apporte, dès le début des années 1980, une contribution importante pour réfléchir au processus du projet et qui est, d'une certaine manière, en accord avec les intentions de cette thèse. Il fait valoir qu'il faut rappeler que,

quand on conçoit quelque chose, l'être humain a encore tous ses sens même si certains sont déjà partiellement atrophiés. Si nous développons quelque chose qui a encore un bon sens tactile, les gens ne le remarqueront pas tout de suite et recommenceront à utiliser de nouveau un sens plus précis. Si nous intégrons également d'autres sens, les gens s'habitueront progressivement à découvrir qu'il existe de nombreux récepteurs sensoriels pour connaître le monde dans lequel nous vivons (MUNARI, 1993, p. 384).

Ayant mené des études davantage axées sur le processus de conception en architecture et les incertitudes inhérentes au processus de conception lui-même, Lawson (2011, p. 48) souligne que le fait de savoir que le projet consiste en 3 trois étapes d'analyse, d'évaluation et de synthèse (Figure 9) liées dans un cycle itératif « n'offre à personne la capacité de concevoir : le fait de connaître les mouvements de la nage sur le dos n'empêche pas quelqu'un de se noyer dans la piscine ». Cela signifie que chaque acteur impliqué dans le projet devra comprendre comment fonctionne chaque défi du projet et choisir les bonnes décisions, ce qui nous amène à réfléchir au processus et non pas seulement à suivre le cheminement du projet.

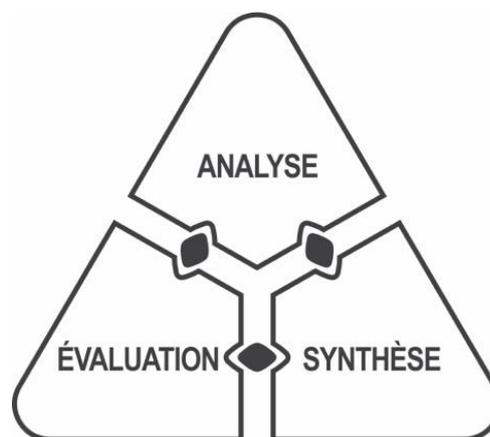


Figure 9. Schéma de la représentation graphique du processus de conception présentée par Lawson (2011).
Source : Préparé par l'auteur, basé sur Lawson (2011)

Ce que formalise Lawson (2011) renforce l'imprévisibilité de tout projet et précise qu'il faut faire avancer les travaux afin de promouvoir la réflexion sur le processus du projet. Il est important de noter que la plupart des auteurs mentionnés ici partagent l'idée de la nécessité de très bien définir la raison d'être du projet et que l'organisation des procédures abordées est généralement structurée de manière linéaire. La plupart des auteurs s'accordent à dire

qu'une certaine souplesse est nécessaire lors de l'application des propositions de méthodes. Ceci permettra un retour d'informations vers certaines étapes en passant en revue les actions et les résultats pour composer ainsi une dynamique d'actions pour chaque situation, en intégrant ses spécificités.

Andrade et al. (2011, p. 80), lorsqu'ils traitent des méthodes et des processus de conception en architecture, démontrent qu'il existe plusieurs façons de décrire le processus et la manière dont il interfère avec la production de l'environnement bâti. Pour Broadbent (apud ANDRADE et al. 2011, p. 80), le problème des descriptions réside dans le manque de clarté de ce qu'il faut vraiment savoir sur le processus de conception et l'un des facteurs est la forte attention accordée à la créativité en tant qu'activité statique. Un autre problème – et peut-être en accord avec celui soulevé précédemment ici, quand nous abordons le sujet de l'imprévisibilité – est, selon l'auteur, la complexité et la variété du processus de conception lui-même, car le projet change selon la nature de chaque problème, du profil du concepteur et des besoins des clients et des utilisateurs, entre autres facteurs qui font partie du processus et qui, la plupart du temps, sont en constante transformation. Dans le domaine de l'Ingénierie des Produits, Gerhard et al. (2005) affirment que l'intuition du concepteur « talentueux » expérimenté doit être valorisée, car toute méthode, même la plus logique et la plus sophistiquée soit-elle, exige de manière significative un haut degré d'intuition.

Toutefois, ces dernières années, on a constaté une augmentation des propositions de méthodes de développement de projets issues de divers domaines, tels que l'administration, la gestion de projet et le marketing, qui ont été dans une certaine mesure intégrées par l'architecture, le design industriel et l'ingénierie. Ces nouvelles propositions apportent des caractéristiques innovantes et une quantité importante de nouvelles techniques et de nouveaux outils pour soutenir le développement de projets à des échelles et complexités très différentes. Dans le domaine de la conception, par exemple, la recherche

a connu une renaissance au milieu des années 1980 jusqu'aux années 1990. Cette deuxième génération de la théorie de la conception a permis d'apprécier la cognition de la conception, y compris le premier compte-rendu formel de l'expression Design Thinking dans le livre de Peter Rowe de 1987 intitulé « Design Thinking ». À cette époque, Nigel Cross, Donald Schön et Richard Buchanan étaient au premier plan des discussions. Ces personnalités préconisent les interprétations de la méthodologie de conception qui s'écartent de la logique stéréotypée derrière une science de la conception établie au cours de la première génération de la théorie de la conception. Ces théoriciens ont plutôt exploré les aspects cognitifs du processus de conception : les caractéristiques ambiguës, intuitives et humaines (DI RUSSO, 2016, p. 22).

Avec la mondialisation croissante, les projets sont généralement plus complexes, avec une dynamique accélérée à respecter. C'est ce que Moraes (2010, p. 25), en parlant de sa proposition de mégaprojet¹⁶, appelle « un scénario complexe et mutant ». Si, auparavant, les

¹⁶ Il s'agit d'une proposition de méthode de projet qui, d'après Moraes (2010), va au-delà du projet, puisqu'elle transcende l'acte de projet. C'est une réflexion critique et réfléchie préliminaire sur le

projets s'adressaient plus largement aux publics de certains segments de la population et de certaines régions, les concepteurs doivent maintenant réfléchir à la possibilité de répondre à une plus grande diversité de demandes et de caractéristiques d'utilisateurs en constante évolution.

Depuis les années 1990, cette réalité a encouragé la création et l'application de méthodes qui se détachent de l'accent traditionnel mis sur les solutions aux problèmes techniques dans le développement de nouveaux environnements, produits et services, et qui s'alignent sur des propositions qui impliquent (1) une réflexion sur le processus lui-même, (2) une recherche continue d'amélioration et (3) une vision systémique des cycles de développement. Le Tableau 5 rassemble certaines de ces méthodes, développées dans les années 1990.

Tableau 5. Méthodes développées dans les années 90.

Année	Méthode	Origine		
1991	FFE Incertitude initiale	Donald Reinersten et Preston Smith	Ingénieurs	États-Unis
1990	FBS Fonction, comportement, structure	John Gero	Architecte	États-Unis
1991	Conception totale	Stuart Pugh	Ingénieur	Angleterre
1994	Schulmann	Denis Schulmann	Designer	France
1995	BDC Cycle de base de conception	Robert Roozenburg et Eekels	Designers	Pays-Bas
1996	Dynamique de divergence et de convergence	Béla Bánáthy	-	Hongrie
1998	Baxter	Mike Baxter	Designer	Angleterre

Source : Préparé par l'auteur, basé sur Di Russo (2016), Pezinni (2016), Bürdek (2006) et Dubbelry (2005).

Dans ce contexte, nous pouvons citer la proposition du cycle de vie système-produit présentée par Manzini et Verzzoli (2008), dans laquelle l'environnement occupe une place centrale en tant que régulateur du cycle de développement de produits, en tenant compte des matériaux et des énergies (inputs) impliqués dans les processus, ainsi que des déchets (outputs) qui en résultent dans l'air, l'eau et la terre. La proposition consiste en une systématisation des actions qui se nourrit, sous l'impulsion du problème générateur, de la recherche et de la création de propositions pour chaque défi du projet. La représentation graphique du processus lui-même facilite la compréhension de la dynamique d'utilisation de la proposition, comme le montre la Figure 10.

projet lui-même à partir d'un scénario supposé dans lequel les facteurs productifs, technologiques, économiques, matériels, environnementaux, socioculturels et esthétiques formels se distinguent, sur la base d'analyses et de réflexions menées préalablement à la phase de projet, grâce à la collecte antérieure et stratégique de données

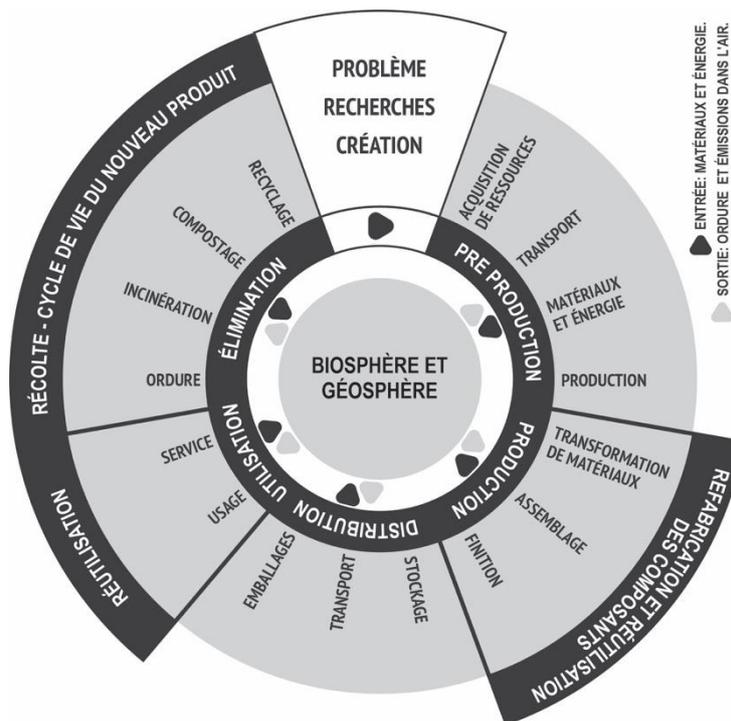


Figure 10. Schéma adapté de la proposition de méthode de conception de Manzini et Verzzoli (2008).
 Source : Préparé par l'auteur, basé sur Manzini et Verzzoli (2008).

Une autre proposition innovante est présentée par Santos (2005) et est configurée comme une méthode ouverte, dans laquelle il propose d'établir une interaction constante de tous les acteurs impliqués dans le processus. L'auteur définit la méthode ouverte comme

celle dont la structure stimule les interférences au cours du projet, en faisant en sorte que les étapes soient ajoutées, retirées et/ou dépliées en fonction des objectifs spécifiques. Cette interférence devient une condition nécessaire à l'exécution du projet, sans imposition d'un modèle tout fait, avec des chemins préétablis à parcourir (SANTOS, 2005, p. 153).

Dans la même ligne de pensée, Gomez (2004) présente une méthodologie de conception de caractéristiques non-linéaires, basée sur quatre étapes intitulées "4P" de la conception : Positionnement sur le marché, Problème, Proposition et Produit. Selon Gomez (2004, p. 56), « il n'y a pas un moment exclusif pour chacun d'eux, encore moins une séquence à suivre ». De sorte que le processus peut être géré selon la pensée d'un groupe de professionnels collaborant.

Avec le souci de placer l'utilisateur au centre du processus, le Design Thinking a été largement utilisé en dehors de l'industrie de la conception pour décrire la manière dont les concepteurs travaillent, en mettant l'accent sur les aspects cognitifs qui animent une approche de projet. Di Russo (2016, p. 3) en fait état :

Le processus et la définition Design Thinking sont imprécis lorsqu'on essaie de définir la conception et le Design Thinking. Les professionnels, y compris les universitaires, ont attribué l'origine et le développement du Design Thinking au livre de Peter Rowe, « Design Thinking » (Rowe, 1987 ; Dorst, 2010 ; Kimbell, 2011) et à sa méthodologie de conseil en design IDEO (Brown, 2008 ; Badke-Schaub, 2010

; Blizzard, 2013 ; Terrey, 2012) ainsi qu'à la d.school de Stanford ("Institute of Design at Stanford", 2015).

Pourtant, le Design Thinking n'est pas un concept nouveau. Il a connu une popularité soudaine en relativement peu de temps et globalement dans plusieurs domaines (architecture, design industriel, ingénierie, services, systèmes, administration). Son principe est fortement lié à la participation intégrée et active des acteurs impliqués dans le processus, en particulier les utilisateurs (BROWN, 2008 ; DI RUSSO, 2016). Par essence, le Design Thinking intègre la pensée créative de manière non-linéaire, abductrice, pragmatique, divergente et convergente. Elle constitue une façon de penser et de développer des compétences qui peuvent être acquises par les architectes, les ingénieurs et les designers industriels.

Le spectre formel basé sur des représentations visuelles est une référence dans cette approche de projet, dans laquelle le processus est caractérisé comme exploratoire et non-linéaire (BROWN, 2009). Certains attributs du Design Thinking sont liés à l'approche centrée sur l'homme, à l'approche systémique, aux informations qualitatives, au prototypage, à la pensée abductive, à l'optimisme, à l'empathie, à la multidisciplinarité et à la vision holistique du processus. Le Tableau 6 présente quatre modèles de méthodes basées sur le *Design Thinking*.

Tableau 6. Modèles de méthodes basées sur le Design Thinking.

Année	Méthode		Origine	
2001	3Is	3Is	IDEO	États-Unis
2005	4Ds	4Ds ou double diamant	British Design Council	Angleterre
2011	DTP	Processus de design thinking	D. School	États-Unis
2015	HCD	Conception centrée sur l'utilisateur	IDEO	États-Unis

Source : Préparé par l'auteur, basé sur Di Russo (2016), Pezinni (2016), Bürdek (2006) et Dubbelry (2005).

Largement diffusé, principalement par l'IDEO¹⁷, le répertoire méthodologique comprend des boîtes à outils (toolkits) pour l'innovation dans les affaires (Method Cards, 2010), dans la société (Human-Centered Design Toolkit, 2010) et dans l'éducation (Toolkit for Educators, 2011), qui insèrent les utilisateurs et les autres acteurs (stakeholders) dans les processus de projet (DI RUSSO, 2016). Ce qui caractérise fortement cette forme d'approche de projet est la participation des utilisateurs, soutenus par des outils qui contribuent à renforcer et à orienter les actions développées dans les différentes phases du parcours du projet.

Plus récemment, parmi de nombreuses autres approches développées pour répondre aux demandes humaines, sociales et environnementales, il faut également considérer l'ensemble de méthodes lancées dans les années 2000 qui mettent l'accent sur l'utilisateur, la

¹⁷ Agence de conseil fondée par le designer Tim Brown aux États-Unis en 1991.

conception participative et la conception pour la transformation. Certaines sont regroupées dans le Tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7. Méthodes développées dans les années 2000

Année	Méthode	Origine		
2000	Processus de conception en quatre étapes	Nigel Cross	Architecte	Angleterre
2003	Conception centrée sur l'utilisateur de sites web	Jesse J. Garrett	Designer	Canada
2005	4Ds Double diamant	British Design Council	Conseil	Angleterre
2005	Conception participative	Clay Spinuzzi	Informaticien	États-Unis
2006	Conception pour la transformation	Kiran Bir Sethi	Designer	Inde
2007	Modèle de processus général d'ingénierie de conception	Ernst Eder	Ingénieur	Autriche

Source : Préparé par l'auteur, basé sur Di Russo (2016), Pezinni (2016), Bürdek (2006) et Dubbelry (2005).

Le panorama présenté jusqu'à ici a cherché à montrer une approche de la réflexion et de la réalisation du projet à travers le biais de modèles méthodologiques provenant de divers domaines. Dans ce parcours présenté, une tendance progressive pour placer l'être humain comme partie fondamentale de l'ensemble du processus est évidente.

4.2 ÉTAPES DE LA CREATIVITE : TECHNIQUES ET OUTILS APPLIQUES AU PROJET

Le cheminement du projet dépend de la compréhension des différents facteurs pour aboutir à quelque chose de créatif, car il implique de nombreuses questions liées aux incertitudes inhérentes au processus lui-même et à chaque contexte. Gomes (1981) affirme que la clé pour comprendre le processus créatif est une séquence de moments parfois peu claire qui permet de connaître les variables d'un problème et de structurer les réponses à sa solution.

Munari (1981), nous apporte une compréhension de la signification du moment dédié à la « créativité » dans le processus de conception, lorsqu'il dit que, quand nous nous entourons d'informations sur le problème à travers l'analyse des données recueillies, nous nous éloignons naturellement de la compréhension de l'« idée ». Nous commençons alors à nous approcher de la « créativité », ce qui nécessite un ensemble d'opérations pour la compréhension de l'analyse des données liées au problème à résoudre, afin de décider d'une solution adéquate.

En ce sens, d'après le Design Council (p. 1-64, 2007), il existe de nombreuses approches et outils créatifs qui inspirent les individus ou les équipes à trouver des idées. La plupart séparent la méthode initiale de créativité de l'inévitable filtrage nécessaire pour trouver des idées méritant d'être développées. Certains s'attachent principalement à éviter la fixation sur une idée afin de maximiser l'espace de recherche. Dans tous les cas, la qualité des idées créées dépendra essentiellement de la compréhension du problème et du contexte dans lequel il est

défini. Ce qui permet à son tour de définir un ensemble clair d'exigences et de thèmes clés pour l'amélioration et le nouveau défi du projet. Cela nous amène à comprendre que la créativité au sein de l'activité de projet s'adapte aux limites du problème. Ainsi, comme l'explique Munari (1981), la créativité se distancie du hasard ou de la fantaisie et s'approche certainement de quelque chose de structuré en dialoguant avec la méthode adoptée pour mener le projet.

Pour Gomes (1981, p. 3), « les processus mentaux pour la création de quelque chose sont généralement complexes, puisque, pour son plein développement, la cognition, la rétention et l'évaluation doivent interagir ». C'est du résultat de cette interaction que différents aspects de la pensée productive émergent. Pour Tschimmel (2012), l'action créative associée au processus de développement du projet est liée à une capacité cognitive, qui peut être développée et appliquée pour créer quelque chose de nouveau, avec une valeur dirigée vers un certain contexte.

Dans le domaine de la création architecturale, Kowaltowski, Bianchi et Petreche (2011) estiment que certaines procédures communes prévalent parmi les professionnels, ce qui se caractérise la plupart du temps par le fait d'être informels, individuels ou suivant des écoles de règles esthétiques. En pratique, selon les auteurs, ils suivent l'intuition, ce qui nous fait comprendre que l'architecte est au centre du processus décisionnel quand il s'agit de traiter de créativité. Peut-être ce fait n'est-il pas seulement identifié en architecture, mais aussi dans d'autres domaines liés à la conception de l'environnement bâti, des produits et des services, lorsque nous négligeons l'importance d'une compréhension claire du problème et l'adoption de procédures structurées pour mener des actions visant à les résoudre.

Cependant, avec l'augmentation rapide de la complexité des projets, à des échelles très différentes, Kowaltowski, Bianchi et Petreche (2011), qui corroborent les propos de Munari (1981), estiment que l'innovation ou la stimulation de la pensée créative doit cesser de reposer sur le talent ou le hasard. A cet égard, Lawson (2011, p. 144) affirme que « nous ne devrions néanmoins pas nous laisser emporter par l'idée romantique du saut créatif vers l'inconnu. Typiquement, les penseurs créatifs travaillent dur ». L'auteur signale qu'une compréhension claire des problèmes des projets n'est pas toujours énoncée au début des projets, car cela demande beaucoup d'efforts et peut prendre du temps.

Curieusement, de nombreux responsables d'équipes projets expérimentés soulignent la nécessité d'identifier clairement le problème du projet pour que des actions créatives puissent être entreprises. Donc, ces positions clarifient la nécessité d'un grand dévouement pendant le parcours du projet, dans le sens d'une réflexion sur le processus lui-même, en collaborant à l'émergence des conditions d'actions créatives.

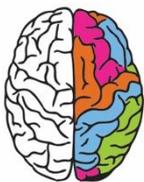
À cet égard, Baxter (2011) fait remarquer l'importance de « pratiquer la créativité à tous les stades du développement de produits, à partir de l'identification d'une opportunité à son ingénierie de production ». Cela souligne l'importance de méthodes claires qui aident à créer des environnements adéquats pour le développement de solutions créatives. Pour Pazmiro

(2015), les méthodes tendent à élargir le problème de conception et la recherche de solutions, en stimulant l'organisation des informations nécessaires pour réfléchir au processus et structurer les solutions, et non pas simplement le résultat d'inspirations soudaines. Ainsi, selon Pazmiro (2015, p.11) « la méthode essaie d'extraire la pensée et les processus mentaux de l'esprit et de les mettre dans des schémas et des graphiques. L'extériorisation est une aide importante pour travailler sur des problèmes complexes et pour travailler en équipe ».

Le développement d'un projet, en architecture, en design industriel et aussi en ingénierie, est généralement guidé par une méthode, composée d'un ensemble de techniques et d'outils qui collaborent pour réguler le processus. Sur la base de Pazmiro (2015), Bomfim (1995) et Baxter (2011), des définitions pertinentes pour le développement de projets sont fournies ci-dessous :

- **Méthode de projet** : l'ensemble de procédures visant à atteindre un objectif du projet. Moyens utilisés pour le développement d'un projet.
- **Modèle de processus de projet** : le schéma de séquence d'opérations, ou séquence de phases et d'étapes d'un projet.
- **Technique de conception** : des moyens auxiliaires pour la résolution des problèmes ne sont pas nécessairement instrumentaux.
- **Outil de conception** : des instruments physiques ou conceptuels qui se présentent sous forme de tableaux, de matrices sont des ressources qui contrôlent les inputs pour obtenir des outputs. Des instruments physiques ou conceptuels tels que des symboles mathématiques, des tableaux de contrôle, etc.

Pour comprendre l'importance des techniques et des outils en tant que ressources réglementaires des processus de conception à différentes échelles, certaines techniques et outils de créativité traditionnellement utilisés ont été sélectionnés et sont présentés ci-dessous (Figure 11). Dans le cadre du présent travail de thèse, l'accent est porté plus spécifiquement sur celles et ceux liés aux actions visant à générer des concepts et des alternatives initiales de conception.



Analogies

C'est une forme de raisonnement dans lequel les propriétés d'un produit sont transférées à un autre, mais avec certaines propriétés en commun. Elles peuvent également être utilisées pour créer de nouvelles solutions complémentaires, en découvrant comment un problème similaire est résolu dans un contexte différent.



Brainwriting ou 635

L'objectif est de rechercher des solutions aux problèmes du projet en faisant appel à une équipe multidisciplinaire. L'outil rassemble six participants qui se réunissent en cercle, chaque participant reçoit une feuille divisée en 18 espaces 6x3. Chaque personne dessine ou écrit sur la feuille trois suggestions de solutions pour une durée de 5 minutes. Ensuite, il faut distribuer la feuille et recevoir celle de l'autre participant et chaque participant doit poursuivre l'idée du partenaire. Le processus se poursuit jusqu'à ce que 30 minutes se soient écoulées.



Brainstorming

Ou « remue-méninges » ou encore « tempête d'idées ». Il constitue l'un des outils de créativité les plus populaires. Le Brainstorming peut être utilisé au moment de la création, générant des concepts et des alternatives pour le projet. Les sessions se déroulent généralement selon ces étapes:

- **Orientation:** responsable de la détermination de la véritable nature du problème;
- **Préparation:** consiste à rassembler les données relatives au problème;
- **Analyse:** permet un meilleur examen de l'orientation et de la préparation;
- **Idéation:** est la phase créative elle-même, lorsque les alternatives pour la solution du problème sont générées;
- **Incubation:** souvent l'idéation entre dans une phase de frustration, quand la fluidité des idées diminue.

À ce point, la séance peut être suspendue, et après une période de relaxation, un éclairage peut apparaître, au moment où la solution pourra apparaître plus facilement.



Carte conceptuelle

Il s'agit d'un outil à utiliser pour représenter graphiquement des parties des connaissances acquises sur un thème ou un contenu donné. Elle a été développée dans les années 1960 par Joseph Novak, sur la base de la théorie de l'apprentissage de David Ausubel. Composée d'éléments tels que le concept constitué de mots ou de signes qui stimulent les images mentales.



Lettres d'idéation

L'utilisation des lettres comme source d'inspiration pour générer de nouvelles idées. Les lettres sont utilisées par l'équipe de création ou avec des utilisateurs dans le cadre d'une approche participative. C'est utilisé dans les premières phases du projet pendant la phase d'idéation. Les lettres sont préparées avec des données concernant le thème du projet et elles constituent un pont entre la recherche et la pratique.



Persona et Scénario

Il s'agit d'un outil utilisé dans les projets pour décrire efficacement les caractéristiques des utilisateurs. Ce sont des descriptions détaillées de l'imaginaire à partir de personnes bien définies, résultat de données de recherche avec des personnes réelles.



SCAMPER

C'est un acronyme pour « Substituer, Combiner, Adapter, Modifier (augmenter, diminuer), Produire, Éliminer, Reverser. Ces termes servent de liste de contrôle pour stimuler d'éventuelles modifications de produits.



Panneau d'images

Il s'agit d'un panneau d'images qui représente la signification du produit dans plusieurs objets. Il sert à aider le concepteur ou l'équipe à générer des concepts et des alternatives à partir de l'étude d'éléments esthétiques comme la couleur, la matière, la forme, etc.

Figure 11. Techniques et outils de créativité traditionnellement utilisés
Source : Préparé par l'auteur, basé sur Lallemand et Gronier (2018), Pazmiro (2015), Baxter (2011).

4.3 OUTILS DE SOUTIEN AU DEVELOPPEMENT DE CONCEPTION

Dans cette section, quelques outils de soutien au développement de conceptions qui peuvent être utilisés à différents moments du processus de conception sont présentés. Ils ne sont pas nécessairement liés directement au moment de l'idéation, mais abordent d'une manière ou d'une autre les thèmes structurants de cette recherche qui étaient précédemment traités dans le fondement théorique. L'objectif n'est pas d'épuiser le sujet, mais de présenter des outils qui ont également servi de base au développement de l'outil proposé dans cette thèse.

4.3.1 MODELE D'ÉVALUATION PRODUIT-UTILISATEUR

Il s'agit d'un outil permettant d'évaluer l'adéquation des produits à une gestion de CCU. Le modèle développé par Garcia (2017) propose de faciliter l'évaluation des produits en prédéfinissant des éléments pour soutenir la mise en œuvre de son amélioration à plusieurs stades de son développement : l'évaluation de produits similaires, la sélection et l'ajustement des alternatives générées dans les phases d'Idéation et la vérification de la pertinence de la proposition. Le modèle propose d'abord d'identifier les potentialités et les faiblesses à l'aide de la collecte de données composée par les exigences du produit (Principes d'Utilisabilité et CU), l'utilisateur (Conception Inclusive, Ergonomie et Utilisabilité), l'environnement et l'activité (Ergonomie). Et enfin il propose des ajustements par le biais d'un *feed-back* des résultats obtenus (Figure 12).

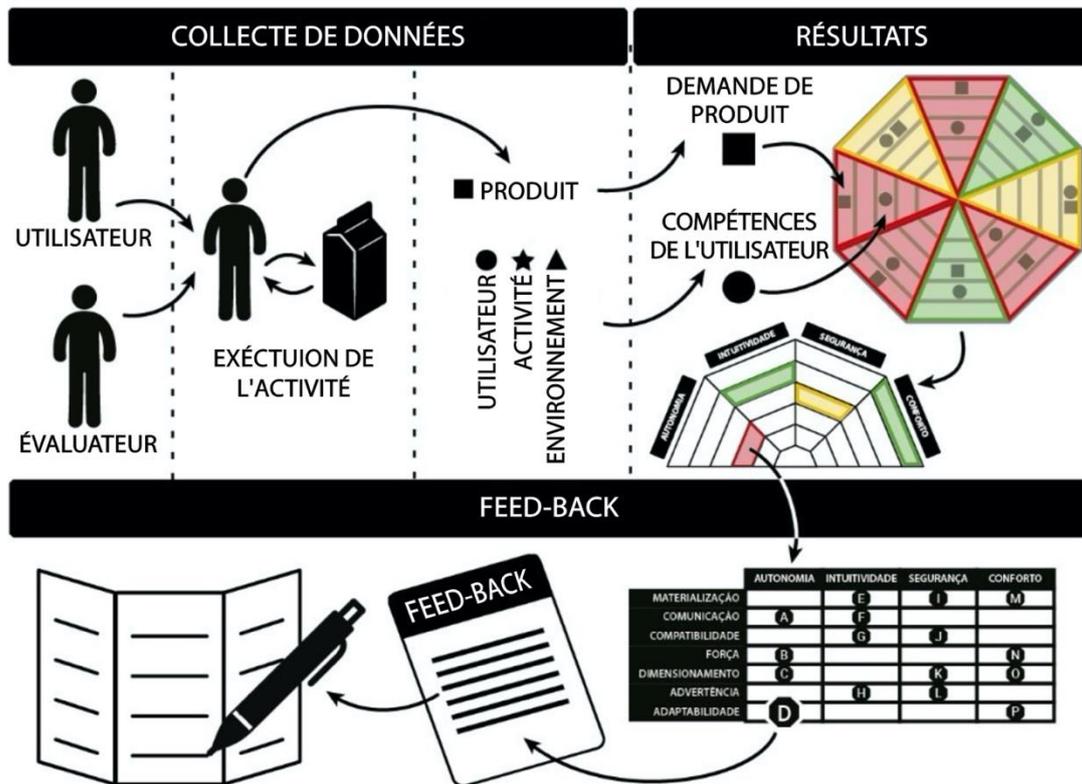


Figure 12. Séquence d'utilisation du modèle de Garcia (2017)
Source : Garcia (2017).

4.3.2 MODELE PERMATUS

Le modèle proposé par Dias (2009) suppose que l'activité de « sélection des matériaux » est insérée dans le processus de développement du produit. Ainsi, des équipes de projet multidisciplinaires travaillent sur la base d'informations pour définir les exigences des clients et du produit.

Le modèle est composé de 6 étapes : les éléments du produit, le cycle d'interactions, le processus sensoriel, le profil du matériel, l'évaluation subjective des matériaux dans ses dimensions cognitive, affective et conative et enfin les directives de conception. Selon Dias (2009), les étapes sont organisées comme le montre la Figure 13.

Comme le décrit l'auteur, dans la phase I, les étapes 1, 2, 3 et 4 ont lieu au début de la conception et une fois appliquées, il n'est pas nécessaire de les répéter. Les quatre premières étapes sont indépendantes, mais les informations générées s'additionnent pour créer les caractéristiques des interactions possibles avec l'utilisateur, leurs implications sensorielles et le profil attendu des matériaux.

Selon Dias (2009), dans la phase II, l'étape 5 de l'évaluation subjective est composée de trois sous-étapes indépendantes, qui seront propres à chaque étude. L'étape 6 doit être réalisée dans tous les cas pour fournir des lignes directrices pour la conception en cours d'étude.

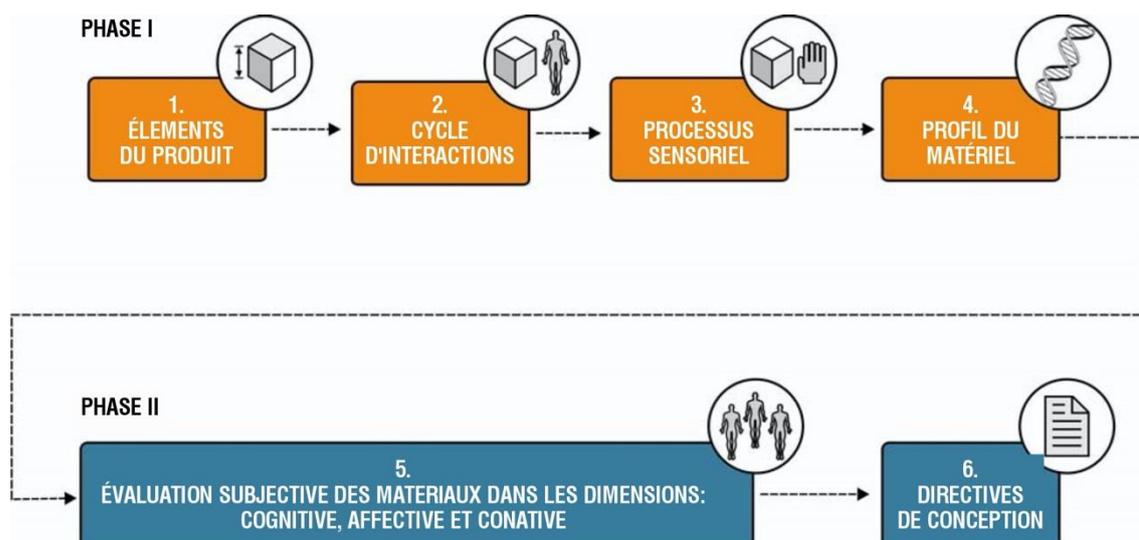


Figure 13. Architecture résumée du Modèle de Perception des Matériaux par les Utilisateurs (Permatius).
Proposé par Dias (2009).

4.4 LE PROJET CENTRE SUR L'UTILISATEUR (PCU)

Il y a actuellement un retour à l'orientation sociale et « plus récemment, le centre des discussions est devenu l'utilisateur, en axant le projet sur la perspective des interfaces » (MALLIN, 2004, p. 138). Dans ce contexte, conformément à ses recherches en sciences cognitives, Norman (1988, p. 188) a abordé les questions relatives aux projets du point de vue de l'utilisateur et a créé le terme « CCU ». L'utilisateur, ou le groupe d'utilisateurs, commence de manière plus intense, à faire partie du processus de développement de projet, non seulement en tant qu'agent passif, dans le sens où il fournit des informations ponctuelles sur ses caractéristiques et ses préférences, mais aussi en le vivant activement, afin de contribuer par ses connaissances et expériences de vie aux décisions prises au cours des projets.

Simões et Bispo (2006) ont nommé « participation des utilisateurs » une méthodologie basée sur des caractéristiques qualitatives à adopter dans les processus de développement de projets, dans l'intention de recueillir des informations qui contribuent à des solutions plus proches des besoins des utilisateurs (usagers). Pour les auteurs, cette prise de conscience est particulièrement évidente dans les cas où le conflit entre les utilisateurs et l'environnement se produit de manière plus intense, surtout lorsqu'il s'agit d'utilisateurs empêchés, comme les personnes handicapées ou les personnes âgées, par exemple.

La collaboration des utilisateurs dans les projets peut fournir des informations pertinentes. Simões et Bispo (2006) la classent à des niveaux qui peuvent varier selon le type de projet, le degré de connaissance et la confiance en soi des participants. Un autre facteur important est la communication entre toutes les parties concernées. Dans ce sens, il est souhaitable que les équipes soient multidisciplinaires, certains membres ayant des connaissances en psychologie, principalement pour affiner la relation entre techniciens, concepteurs et utilisateurs, de manière harmonieuse, créant ainsi un environnement

favorable. Pour cela, l'équation des compétences personnelles, du temps et des ressources est déterminante.

Selon Simoes et Bispo (2006), il peut y avoir quatre niveaux de participation des utilisateurs dans les projets, qui doivent être ajustés en fonction des besoins des projets et des caractéristiques du groupe d'utilisateurs concerné. Voici ces niveaux :

- **Informé** : c'est le niveau d'interaction le plus bas entre l'équipe de projet et les utilisateurs. C'est la base pour tous les autres. Sans accès à l'information, la participation n'est pas possible. À ce niveau, l'utilisateur est informé de l'étendue du projet et de son problème à résoudre. La responsabilité des décisions incombe exclusivement à l'équipe technique, mais l'utilisateur a accès aux phases du projet. D'une certaine manière, ce niveau rapproche les utilisateurs et l'équipe, tout en collaborant pour élargir les compétences.
- **Consulté** : l'utilisateur, en plus d'être informé du problème à résoudre, est écouté, et son avis est pris en compte par l'équipe du projet dans le processus de décision. L'utilisateur doit toujours être informé des raisons qui ont conduit à ce que certaines suggestions soient prises en compte au détriment d'autres.
- **Impliqué** : l'utilisateur est impliqué dans les différentes phases du projet, participant au processus de décision de manière équilibrée avec l'équipe technique. Pourtant, le processus est dirigé par l'équipe technique, qui décide quand l'utilisateur a le pouvoir de décider.
- **Empowered (habilité)** : l'utilisateur a l'autonomie et la compétence nécessaires pour déclencher le processus de projet et décider quand il a besoin du soutien de l'équipe technique dans les processus de décision qu'il dirige. Si le projet est une initiative de l'équipe technique, celle-ci doit transmettre le contrôle du processus aux utilisateurs dès le début du projet, en assumant le rôle de modérateur ou de facilitateur.

Dans le contexte du développement d'interfaces informatiques, Norman (2005, p. 14) déclare que « la conception centrée sur l'homme a été développée pour surmonter la mauvaise conception des produits logiciels. En mettant l'accent sur les besoins et les compétences de ceux qui devraient utiliser le logiciel, l'utilisabilité et la compréhension des produits ont été réellement améliorées ».

Pendant la conception, selon Merino (2014, p. 8),

nous faisons face à un défi qui est le grand volume d'informations, en considérant que nous concevons quelque chose (produit), pour quelqu'un (utilisateur) quelque part (contexte). Tout ce que nous concevons génère une expérience, tout comme l'expérience peut être conçue et fait également partie du PCU.

Cependant, le développement de PCU « implique de découvrir beaucoup de choses sur eux et leurs tâches et d'utiliser ces informations pour alimenter la conception » (PREECE ; ROGERS ; SHARP, 2005, p. 299). Une caractéristique importante de cette approche de PCU est la possibilité de faire participer activement le futur utilisateur ou groupe d'utilisateurs au processus de développement du projet dès les premières étapes et de fournir ainsi des

informations importantes sur leurs besoins et objectifs. Toutefois, Krippendorff (2000, p. 89) souligne qu'il existe une différence entre la conception centrée sur l'objet, dans laquelle « des critères de projet qui peuvent être généralisés et mesurés sans intervention humaine » sont valorisés, et celle centrée sur l'humain, dans laquelle l'intervention humaine est fondamentale. Pour l'auteur, la première est particulièrement insensible aux variétés culturelles et individuelles des gens. Pour Herssens (2011), une approche plus centrée sur l'homme se traduit par un processus de conception d'environnements qui ne se limite pas à l'information visuelle, à la création et à la représentation, mais qui tient compte de toutes les expériences humaines.

Moraes (2010) fait remarquer que la forme du produit ne se présente plus comme une question objective fonctionnelle, mais est liée à des facteurs sémantiques, psychologiques et subjectifs. Harada et al. (2016) sont en accord avec Moraes (2010), déclarant que

la CCU prend en compte les aspects sociaux, physiques et cognitifs de son public, et utilise une approche qui n'impose pas ses préférences et ses solutions. Au contraire, elle imprime et traduit la volonté du public en plus de le stimuler à comprendre ses propres besoins par la solution finale du projet (HARADA et al., 2016, p. 92).

Iida (2005) souligne que ce type de préoccupation a conduit à la formulation de critères pour améliorer l'utilisabilité. Tschimmel (2012, p. 12), en référence à la systématisation de l'approche de PCU, fait valoir

que la base de l'approche de conception centrée sur l'homme est l'idée d'une observation intense (avec tous les sens) et de l'empathie. Pour mieux comprendre l'essence d'une tâche ou d'un problème de conception, les concepteurs essaient d'obtenir le plus d'informations possibles sur les utilisateurs de leurs futurs produits. La recherche commence souvent par un examen de la littérature existante sur le sujet et le contexte du projet.

Selon l'auteur, « des techniques d'observation, des entretiens approfondis avec les personnes observées, les photographies et autres enregistrements visuels et les interprétations du contexte des utilisateurs sont plus importants pour obtenir de l'empathie et pour clarifier la tâche du projet », étant également « essentiels pour une utilisation ultérieure comme impulsion pour la génération d'idées » (TSCHIMMEL, 2012, p. 12).

La norme ISO 9241-210:2011 qui remplace la norme ISO 13407 (1999) définit la CCU comme

une approche du développement des systèmes interactifs, ayant pour objet de rendre les systèmes utilisables et utiles en se concentrant sur les utilisateurs, leurs besoins et leurs exigences, et en appliquant les facteurs humains, l'ergonomie et les connaissances et techniques existantes en matière d'utilisabilité. Cette approche favorise l'efficacité et l'efficience, améliore le bien-être de l'homme, ainsi que la satisfaction des utilisateurs, l'accessibilité et la durabilité, et réduit les effets nuisibles potentiels de leur utilisation sur la santé, la sécurité et les performances. (ISO 9241-210:2011, p. VII).

Les principes de PCU peuvent être intégrés dans différents processus de projet, sont complémentaires aux méthodologies de projet existantes et répondent à chaque contexte spécifique. Toutes les activités de PCU sont applicables (dans une mesure plus ou moins grande) à n'importe quel stade du développement d'un système. Quel que soit le processus adopté, il est recommandé de suivre les principes suivants (ISO 9241-210:2011, p. 5-6) :

- Le projet est basé sur une compréhension explicite des utilisateurs, des tâches et des environnements ;
- Les utilisateurs sont impliqués dans l'ensemble du projet et du développement ;
- Le projet est mené et affiné par une évaluation centrée sur l'utilisateur ;
- Le processus est interactif ;
- Le projet intègre l'expérience de l'utilisateur dans son ensemble ;
- L'équipe du projet comprend des compétences et des perspectives multidisciplinaires.

Quatre activités de projet interdépendantes et centrées sur l'utilisateur doivent être présentes au cours du processus de développement de tout système interactif (ISO 9241-210:2011, p.5) :

1. Comprendre et préciser le contexte d'utilisation ;
2. Préciser les exigences de l'utilisateur ;
3. Produire des solutions de conception qui répondent aux exigences ;
4. Évaluer les solutions au regard des exigences.

Ces activités prennent en compte les défis énumérés ci-dessous (ISO 9241-210:2011, p.11) :

- Il existe souvent différents groupes d'utilisateurs et d'autres types de participants dont les besoins doivent être pris en compte ;
- Le contexte d'utilisation peut être très varié et peut varier d'un groupe d'utilisateurs à l'autre et entre différentes tâches ;
- Au début d'un projet, les exigences qui peuvent être posées sont susceptibles d'être non exhaustives ;
- Certaines exigences ne se posent que lorsqu'une proposition de solution est disponible ;
- Les exigences des utilisateurs peuvent être diverses et potentiellement contradictoires les unes par rapport aux autres et en relation aux exigences des autres types de participants ;
- Les solutions initiales de conception répondent rarement à tous les besoins des utilisateurs ;
- Il est difficile de garantir que toutes les parties du système sont considérées de manière intégrée.

Les activités de PCU couvrent toutes les étapes du projet, des exigences à la vérification et à la validation. Mais aussi, dans une situation plus spécifique, elles peuvent être appliquées pour obtenir un feed-back par rapport aux concepts initiaux du projet avant que les exigences ne soient déjà remplies. Dans ce contexte, l'évaluation de prototypes et de maquettes de

différentes complexités et finalités contribue à une meilleure compréhension des besoins des utilisateurs, et fournit un feed-back sur les concepts de conception. L'interdépendance entre les activités de CCU de manière non-linéaire est présentée dans la Figure 14.

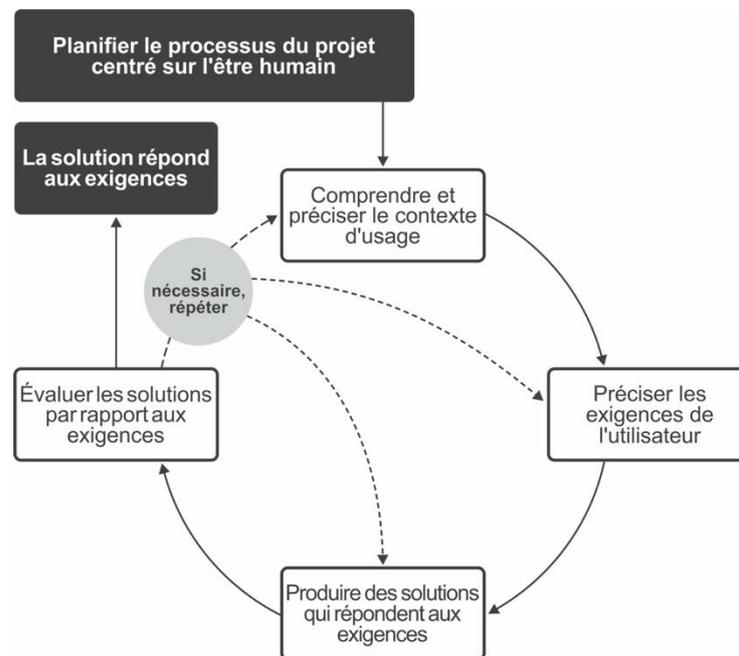


Figure 14. Schéma adapté de la proposition l'interdépendance entre les activités de CCU (ISO 9241-210 :2011).
Source : Préparé par l'auteur, basé sur ISO 9241-210 :2011.

Dans ce contexte, l'importance de divers outils tels que le brainstorming, les storyboards, le prototypage rapide, les personas et les cartes mentales, entre autres, pour collaborer au développement de projets centrés sur l'utilisateur est significative dans le sens où ils élargissent les possibilités d'explorer les informations dans le cadre d'activités créatives et de solutions aux problèmes au cours d'un projet. La CCU exige une immersion dans le contexte (ou l'activité) et non pas simplement la prise en compte de l'utilisateur à partir d'une interprétation particulière.

Ci-dessous sont présentées deux méthodes alignées sur l'objectif de la CCU, qui ont servi de référence pour mieux comprendre le positionnement de l'outil développé dans cette thèse, dans des méthodes de cette nature.

4.4.1 GODP - METHODOLOGIE DE CCU

La méthode GODP (pour « Guide d'Orientation pour le Développement de Conception »), développée par Merino (2014), a été structurée à partir de la littérature de la Conception et d'autres domaines connexes, grâce à la contribution de plusieurs auteurs. Selon l'auteur, la proposition consiste en une compilation de plusieurs méthodologies qui ont été restructurées et adaptées. L'objectif de ce guide est d'organiser et de proposer une séquence d'actions au cours du parcours de conception. D'après Merino (2014), le GODP est configuré

en huit étapes, dans lesquelles l'utilisateur devient le centre des actions de la conception, comme le montre la Figure 15.

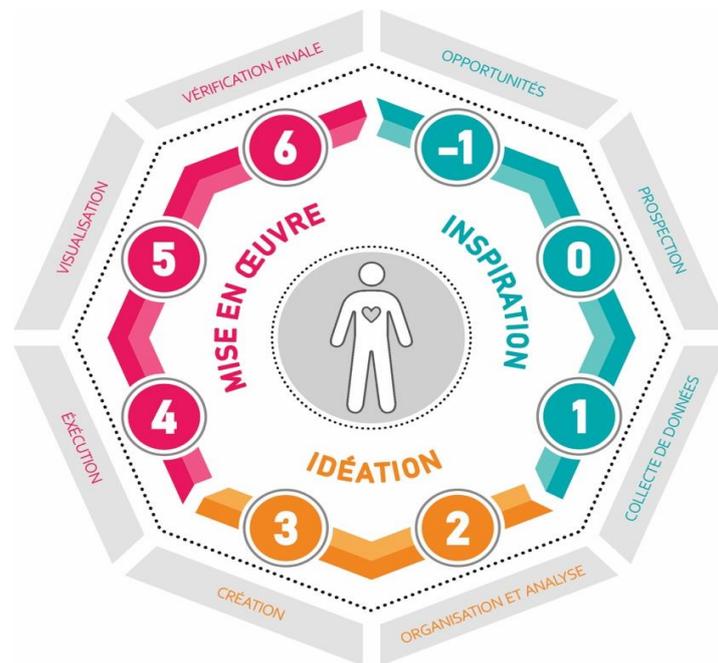


Figure 15. Schéma GODP.

Source : Centre de Gestion de la Conception de l'UFSC/Brésil (2018)

- **Étape -1 : Opportunités** : à ce stade, les opportunités du marché/secteur sont vérifiées, en fonction du produit à évaluer, en tenant compte d'un panorama local, national et international et des performances de l'économie. De cette façon, les besoins de croissance du secteur, selon le produit, sont mis en évidence.
- **Étape 0 : prospection/demande** : après vérification des opportunités, la demande/question centrale qui guidera la conception est définie.
- **Étape 1 : Collecte de données** : à cette étape, les définitions de la conception sont élaborées sur la base d'une collecte de données, conformément aux besoins et aux attentes de l'utilisateur, qui envisage les exigences en matière d'utilisabilité, d'ergonomie et d'anthropométrie, entre autres, ainsi que la conformité de la législation traitant des normes techniques pour le développement des produits.
- **Étape 2 : Organisation et analyse** : après la collecte des informations, sous forme de données, celles-ci sont organisées et analysées. À ce stade, des techniques analytiques peuvent être utilisées pour définir les stratégies du projet.
- **Étape 3 : Création** : en possession des stratégies de conception, les concepts globaux de la conception sont définis et des alternatives et prototypes préliminaires sont générés. Ceux-ci sont soumis à une nouvelle analyse utilisant des techniques et des outils, permettant de choisir ceux qui répondent le mieux aux spécifications de conception et aux objectifs.
- **Étape 4 : Mise en œuvre** : à ce stade, le cycle de vie du produit est examiné par rapport aux propositions et, à partir de celles-ci, des prototypes (à l'échelle) et/ou des modèles

mathématiques sont développés afin d'élaborer ultérieurement le(s) prototype(s) fonctionnel(s) du (des) produit(s) choisi(s) pour les tests (d'utilisabilité, par exemple).

- **Étape 5 : Faisabilité** : une fois que la proposition répondant aux spécifications a été réalisée, le produit est testé en situation réelle, avec les utilisateurs. Des recherches sont également menées (dans l'exemple d'un emballage, elles peuvent être faites dans les points de vente) auprès de consommateurs potentiels. Dans cette étape, des outils d'évaluation de l'ergonomie, de l'utilisabilité et de la qualité apparente peuvent être utilisés.
- **Étape 6 : Vérification** : chaque conception doit prendre en compte les aspects de durabilité, en se concentrant sur la destination des produits après la fin de leur vie utile, leur impact économique et social. Cette étape est considérée comme d'une importance vitale, car elle peut générer de nouvelles opportunités, permettant ainsi un retour d'information sur le parcours de conception. En bref, un nouveau point de départ, en rupture (subtile) avec la pensée de la linéarité, dans un processus caractérisé par des (petits) pas vers une pensée systémique.

4.4.2 METHODOLOGIE DE CONCEPTION – CRIDEV

La méthodologie CRIDEV a été développée par le bureau associatif de même nom qui se consacre aux études et à la recherche pour l'accessibilité et la qualité d'usage des espaces de vie.

Cette méthodologie est avant tout un processus volontaire de gestion de projet destiné à accompagner les différents acteurs tout au long des phases de Programmation (Maîtrise d'Ouvrage), de Conception (Maîtrise d'Œuvre), de Réalisation (Maîtrise d'Exécution) et d'Utilisation (Maîtrise d'Usage) (Figure16).

Dans la méthodologie du CRIDEV, trois démarches sont développées conjointement dans le but de promouvoir le développement durable d'une haute qualité d'usage pour tous :

- La démarche HQC® (Haute Qualité de Concertation) qui met les besoins des usagers au cœur des processus d'élaboration des produits¹⁸.
- La démarche HQP® (Haute Qualité de Production) qui vise à prendre en compte l'ensemble des confort d'usage dès l'origine d'un projet de construction ou d'aménagement, afin de se situer dans une démarche de « prévention », et non simplement de « réparation ».
- La démarche HQS® (Haute Qualité de soutien au Service) dont l'objectif est de compléter et pérenniser l'ensemble des confort d'usage après la phase de construction et d'aménagement du projet.

¹⁸ Par produit, il est aussi bien compris un objet à l'échelle de l'objet, de l'architecture, de l'urbanisme ou du territoire.

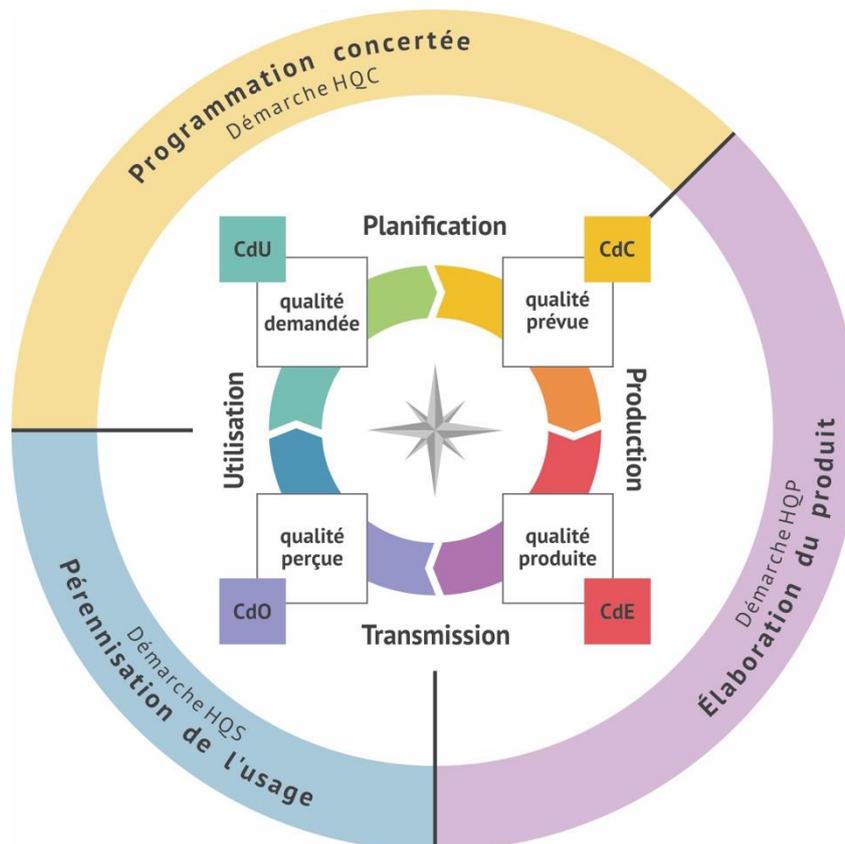


Figure 16. Schéma représentant la méthode de travail du CRIDEV
Source : CRIDEV

Ces démarches cherchent à analyser l'adaptabilité des espaces de vie à partir d'un type particulier de handicap, leurs fonctions d'usage à partir des critères de confort, de sécurité et de convenance pour tous. Il est important de noter que la HQS® peut être complémentaire à la HQP® dans le sens où les inconvenances résiduelles d'un espace de vie peuvent éventuellement être compensées par le service. « Si la personne ne peut se rendre au service, le service doit aller à la personne. »

4.5 RELATION ENTRE L'ARCHITECTURE ET LE DESIGN INDUSTRIEL EN TANT QUE DISCIPLINES CONGRUENTES

Pendant longtemps, surtout avant la fondation de la *Hochschule für Gestaltung* à Ulm, l'architecture et le design industriel étaient très proches. De nombreux précurseurs du design industriel étaient des architectes qui voyaient dans la diversification de leurs activités la possibilité de « construire un monde meilleur ». Toutefois, à Ulm, les fondateurs Otl Aicher et Max Bill, à la recherche d'une nouvelle approche pour le design industriel, ont comblé le fossé entre ces deux domaines. Dans ce contexte, le design industriel s'est éloigné non seulement de l'architecture, mais aussi des arts et de la philosophie (BÜRDEK, 2006).

L'« École d'Ulm » a fini par influencer l'enseignement du design industriel au-delà des frontières européennes. Ainsi, l'architecture et le design industriel étaient séparés, y compris au Brésil qui, dans le domaine de l'enseignement, était conscient des efforts de la *Faculté d'Architecture et d'Urbanisme de l'Université de São Paulo* (FAU-USP) pour rapprocher les deux

domaines de connaissance avec un cours visant à former des architectes, des urbanistes et des designers industriels. Dans le même temps, il connaissait aussi la scission déterminée par la création de l'*École de Design Industriel* (ESDI) à Rio de Janeiro (FONTOURA, 1997).

Bonsiepe (1997, p. 113) explique qu'un certain nombre d'architectes « pensent que l'architecture et le design industriel seraient plus ou moins la même chose ». Cependant, selon l'auteur, l'architecture traite de l'articulation de l'espace, contrairement au design industriel des produits qui vise à structurer des fonctions, et au design visuel qui se concentre sur la structuration de l'information. Ainsi,

l'architecte se soucie de l'habitat ; le designer industriel se soucie des produits qui font partie de cet habitat. Le graphiste s'occupe de la diffusion et de l'interprétation des messages. Il s'agit de perspectives différentes et pas seulement de différences d'échelle (BONSIEPE, 1997, p. 114).

Cependant, il n'est plus acceptable

d'étudier l'environnement en tenant compte uniquement des variables physiques (par exemple la température et le bruit), sans tenir compte de la question de l'orientation, de l'accessibilité, de la conception du mobilier, de l'optimisation graphique ou de la conception de l'éclairage. Certains chercheurs comprennent que l'architecture et le design industriel connaissent ces espaces et peuvent faire plus pour eux (VILLAROUCO ; MONT'ALVÃO, 2011, p. 16).

Les deux domaines se sont rapprochés grâce notamment aux nouvelles technologies qui ont contribué à la vision systémique de la conception. Elles ont également rapproché des domaines connexes, en augmentant l'importance des espaces construits (architecture et urbanisme) et leur intégration avec les équipements, les ustensiles et la qualité graphique de l'information (design industriel). Il convient de mentionner que l'architecture agit généralement à grande échelle avec la responsabilité de la planification et de la conception de l'habitat humain, tandis que le design industriel agit principalement à des échelles plus restreintes (celle des produits). Mais lorsque les deux domaines se rencontrent, ils doivent nécessairement fonctionner de manière intégrée dès les premières étapes du projet, sinon le résultat peut être limité.

Sur les approches de conception en architecture, en design industriel et en ergonomie, Pezzini (2017, p. 103) souligne que ces domaines « emploient des approches qui sont principalement qualitatives, systémiques et anthropocentriques » et cherchent donc à répondre aux besoins, compétences et limites des personnes dans différentes situations. Pour l'auteur, plus précisément « dans le cadre du logement, leurs méthodologies ont plusieurs méthodes, mais elles ne disposent pas d'une méthode ou d'un ensemble d'outils (toolkit) centrés sur l'humain qui soient spécifiques au développement de ces projets » (PEZZINI, 2017, p. 103).

La revue de la littérature présentée dans ce chapitre ne prétend pas épuiser le sujet traité, mais tente de montrer un panorama des méthodes de conception dans différents domaines, principalement à partir des années 60, lorsqu'une croissance accélérée des ressources pour aider et réguler le parcours de conception a commencé. Ces ressources ont cherché à s'adapter aux changements technologiques et aux demandes de plus en plus sophistiquées des consommateurs. En ce sens, il a été possible de percevoir une transformation des méthodes, selon chaque contexte historique, qui étaient initialement caractérisées par des questions techniques en approches avec des caractéristiques linéaires, visant à rationaliser le processus de conception en mettant l'accent sur les produits.

Au fil du temps, il a été possible de se rendre compte que la recherche de solutions techniques des produits ne suffisait pas, il fallait accorder plus d'attention à d'autres thèmes plus pertinents pour les sociétés contemporaines, pour lesquelles les questions liées aux aspects environnementaux, sociaux, physiques et cognitifs sont importantes. Ainsi, l'utilisateur avec ses expériences prend de l'importance comme centre du processus de conception et de développement d'environnements, de produits et de services.

Ce chapitre présente également des informations sur les étapes de la créativité, des techniques et des outils appliqués à la conception. Il s'agit de comprendre que la créativité, dans le cadre de l'activité de conception, a un lien étroit avec les frontières du problème qui est à l'origine des conceptions et sa compréhension, de sorte que des actions créatives peuvent se produire.

Enfin, le chapitre traite de la relation entre l'Architecture et le Design Industriel et de l'approche plus récente de ces disciplines, grâce aux nouvelles technologies qui ont contribué à la vision systémique de conception, en rassemblant des domaines connexes, en augmentant l'importance des espaces construits (Architecture) et leur intégration avec les équipements, les outils et la qualité graphique de l'information (Design Industriel).

5. LE DÉVELOPPEMENT DE L'OUTIL

Ce chapitre expose le processus de développement de l'outil de conception, en présentant la base conceptuelle, la structuration des exigences, le développement de prototypes, le test pilote et les ajustements effectués. Cette étape de la thèse a une caractéristique descriptive et interprétative. Elle cherche à retracer et à mettre en relation les thèmes des études structurées dans les étapes précédentes, tout comme la compréhension et l'interprétation des phénomènes, à travers les perceptions et les significations produites par les expériences des participants (SAMPIERI ; COLLADO ; LUCIO, 2013).

5.1 BASE CONCEPTUELLE POUR LE DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL

La constitution de la base conceptuelle a été établie avec l'objectif d'aider au développement de l'outil, en apportant un soutien à la structuration de son système d'utilisation, afin d'établir des relations entre les thèmes de recherche abordés tout au long de l'analyse documentaire. Ainsi, le triptyque **utilisateur, contexte et activité** est considéré comme un point de départ, donnant des références pour expérimenter des combinaisons entre les concepts de **Systemes Sensoriels**, les principes **d'Utilisabilité** et de **CU**. Ces combinaisons permettent de générer des informations de conception organisées selon les fonctions **pratiques, esthétiques et symboliques**. Les informations sont ensuite synthétisées sous forme de mots, enrichis d'images qui leur sont associées, ce qui aide l'utilisateur (concepteur ou équipe de conception dans notre cas) à structurer les concepts et les alternatives initiales de conception comme présenté dans la Figure 17.

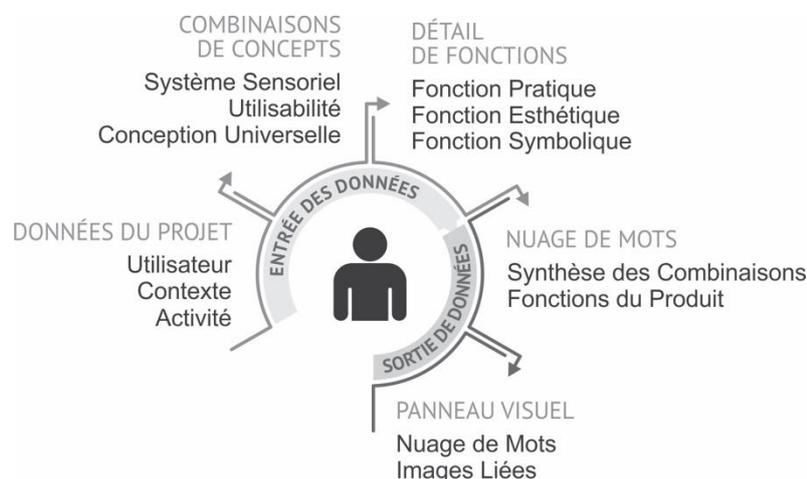


Figure 17. Schéma – la base conceptuelle de l'outil.
Source : préparé par l'auteur.

Concernant la phase « Combinaison des Concepts » lors de l'utilisation de l'outil, basée sur les principes d'Utilisabilité présentés par Jordan (1998) et les principes de CU proposés par Connell et al. (1997) et CUD (1997), des mises en relations ont été établies à partir de la constatation des aspects communs ou complémentaires entre les bases théoriques utilisées dans ces deux thèmes. À cette fin, pour chaque regroupement de principes mentionnés ci-

dessus, une nouvelle dénomination est proposée (Figure 18), ainsi qu'une description de son contenu.

Les conjugaisons entre les principes d'Utilisabilité présentés par Jordan (1998) et les principes de CU proposés par Connell et al. (1997) et CUD (1997) sont basées sur la procédure proposée par Garcia (2017). Elle a comme objectif la composition des exigences du produit pour l'évaluation de l'adéquation produit-utilisateur-activité dans la gestion de conception. Lorsque l'auteur établit sa conversion des bases théoriques (Ergonomie, Utilisabilité et CU) selon la vérification des aspects communs ou complémentaires, il génère des regroupements représentés par sept nouveaux noms et des descriptions : Compatibilité, Avertissement, Communication, Matérialisation, Adaptabilité, Résistance et Dimensionnement.

UTILISABILITÉ	CONCEPTION UNIVERSELLE	NOUVELLE DÉNOMINATION
Consistance Clarté de fonctionnement	Utilisation simple et intuitive	UTILISATION SIMPLE
Compatibilité Prise en compte des ressources de l'utilisateur Transfert approprié de la technologie	Utilisation équitable Flexibilité d'utilisation	COMPATIBILITÉ
	Faible effort physique Dimension et espace pour l'approche et l'utilisation	FAIBLE EFFORT
Clarté visuelle Priorité des fonctionnalités et des informations	Information perceptible	MESSAGE PERCEPTIBLE
Feed-back Prévention et récupération des erreurs Contrôle par l'utilisateur	Tolérance à l'erreur	FEED-BACK

Figure 18. Principes d'Utilisabilité (JORDAN, 1998) et de CU (CONNELL et al., 1997 ; CUD, 1997).
Source : préparé par l'auteur.

Avec les regroupements présentés dans la Figure 18, une réduction significative des principes de 17 à 5 est constatée. Les définitions de ces 5 nouveaux principes, qui seront utilisés dans notre outil, sont décrites ci-dessous :

- **Utilisation simple** : relatif au développement de produits et de systèmes dont le mode de fonctionnement est clair, avec des tâches qui doivent être effectuées selon des modes similaires, faciles à comprendre et indépendamment de l'expérience, des connaissances, des compétences linguistiques ou du niveau actuel de concentration de l'utilisateur. L'objectif est d'éliminer toute complexité, en organisant les informations selon leur niveau d'importance et en assurant des réponses efficaces pendant et après l'exécution des tâches.
- **Compatibilité** : la conception avec compatibilité signifie assurer que la fonction du produit ou du système est liée aux attentes de l'utilisateur (compatible), sur la base de ses connaissances, sans qu'aucun de ses canaux sensoriels ne soit surchargé. Cela signifie qu'il faut tenir compte d'un large éventail de préférences et de capacités

individuelles pour des personnes ayant des aptitudes diverses et en cherchant, chaque fois que cela est possible, à les rendre compatibles avec des technologies qui ont été développées dans le but d'apporter de nouveaux avantages aux utilisateurs.

- **Faible effort** : ce principe vise à assurer une utilisation efficace et confortable avec un minimum de fatigue dans les opérations répétitives et d'effort physique continu dans un produit ou système. Il prévoit une taille et un espace appropriés pour l'approche, la portée, la manipulation et l'utilisation, indépendamment de la taille, de la posture ou de la mobilité de l'utilisateur.
- **Message perceptible** : il s'agit de communiquer efficacement les informations nécessaires à l'utilisateur, quelles que soient ses capacités sensorielles ou des conditions environnementales, avec agilité et facilité et sans provoquer de confusion. Différents modes (pictographique, verbal, tactile) sont utilisés pour présenter, de manière redondante, des informations essentielles compatibles avec la diversité des techniques ou des équipements utilisés par les personnes souffrant de limitations sensorielles. Les informations considérées comme prioritaires sont privilégiées.
- **Feed-back** : il minimise les risques et les conséquences négatives des actions accidentelles ou non-intentionnelles, ordonne les éléments et assure les avertissements afin de réduire les erreurs. Celui-ci favorise les interfaces qui fournissent des réponses claires afin de donner aux utilisateurs le contrôle des interactions possibles.

Dans cette perspective, un nouveau schéma a été proposé sur la base de la littérature consultée dans le cadre de la construction théorique de cette recherche et à la suite du regroupement des principes d'Utilisabilité et de CU. La combinaison de ces 5 nouvelles dénominations avec les 5 concepts de Systèmes Sensoriels (Tableau 1) aboutit à 25 combinaisons constituant la base pour guider le développement de la structure formelle et systématique d'utilisation de l'outil, Figure 19.

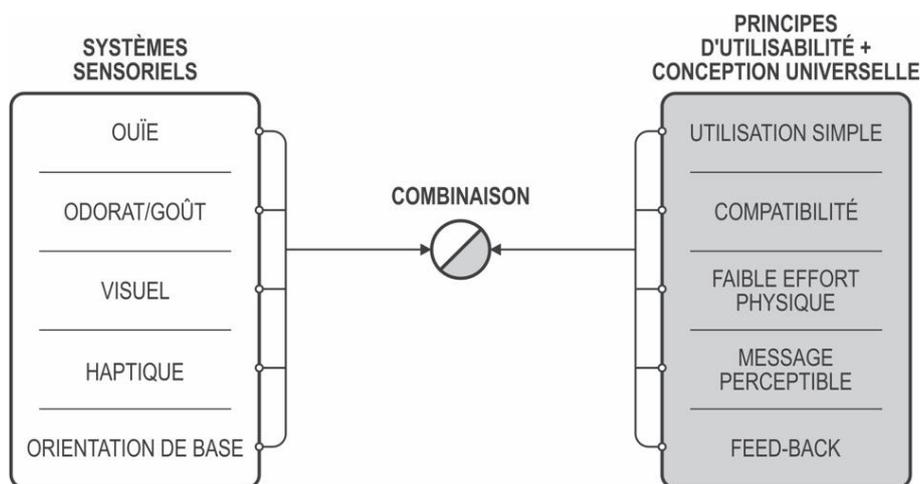


Figure 19. Schéma représentant les combinaisons entre les concepts de Systèmes Sensoriels (GIBSON, 1966) et le regroupement des principes d'Utilisabilité (JORDAN, 1998) et de CU (CONNELL et al., 1997 ; CUD, 1997).

Source : préparé par l'auteur.

Suite à la mise en relation entre les concepts et les principes, les fonctions pratique, esthétique et symbolique du produit présentées par Löbach (1998), ont été ajoutées à la base conceptuelle. Cela constitue alors le cycle de saisie des données qui composera la base conceptuelle de notre outil, comme représenté dans la Figure 20.

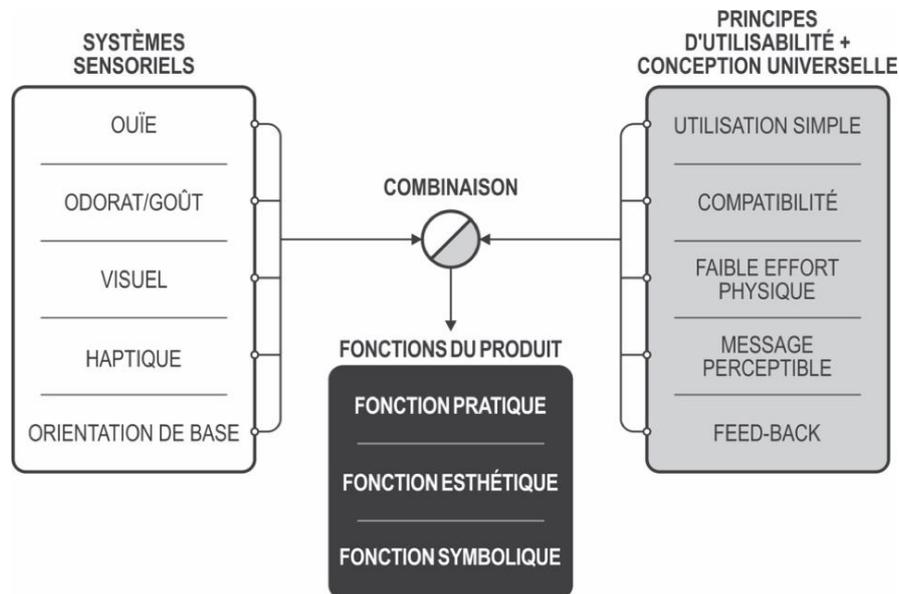


Figure 20. Schéma représentant les relations entre les thèmes structurants de l'outil, traduits en fonctions du produit proposé par Löbach (2000).
Source : préparé par l'auteur.

Le cycle de sortie des données de la base conceptuelle de l'outil sera structurée sous la forme de Nuages de Mots auxquels sont associés à des images choisies et/ou créées par les concepteurs, produisant ainsi, comme l'explique Jacques, J. J. ; Santos, (2009), une « ambiance visuelle » (Figure 21).

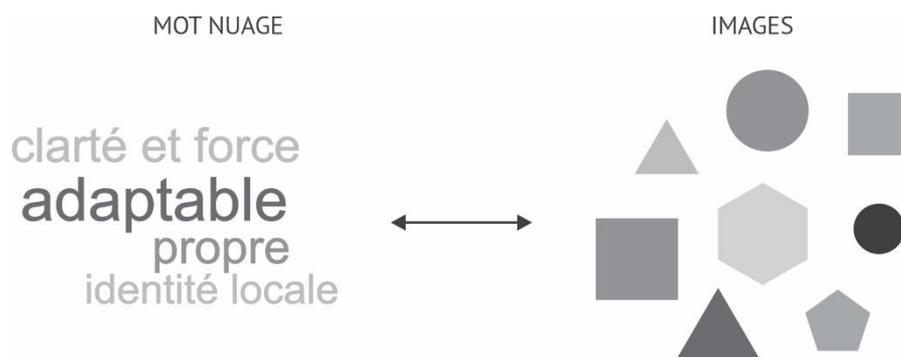


Figure 21. Schéma représentant le panneau visuel.
Source : préparé par l'auteur.

5.2 PARCOURS EMPIRIQUE POUR LA COMPOSITION DES EXIGENCES DE L'OUTIL

L'objectif principal de la définition des exigences est de planifier les caractéristiques fonctionnelles de l'outil, ce qui permet d'obtenir une vue d'ensemble des références au produit visé, en précisant ce à quoi il doit répondre et comment il doit fonctionner, en fournissant les exigences avec la plus grande spécificité possible (PREECE, ROGERS et SHARP,

2005 ; BAXTER, 2011). Dans ce travail de thèse, les exigences ont été établies d'une part à partir de la construction théorique et de la revue de la littérature par le biais de recherches bibliographiques, constituant la base conceptuelle de l'outil comme présenté précédemment et d'autre part, grâce au parcours empirique effectué auprès des utilisateurs potentiels dans trois contextes différents. Nous avons cherché à y assurer un échantillon de participants volontaires et interdisciplinaires : des étudiants du programme de *deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme PPGAU/UFPB/Brésil* (contexte 1), des étudiants de *premier cycle de l'École Nationale Supérieure de Création Industrielle - ENSCI - Alpes Design Lab/France* (contexte 2) et de professionnels du bureau de référence CRIDEV/France (contexte 3).

5.2.1 PARCOURS EMPIRIQUE POUR LA COMPOSITION DES EXIGENCES (CONTEXTE 1)

Étudiants de deuxième et troisième cycles du PPGAU/UFPB – Programme d'études supérieures en Architecture et Urbanisme de l'Université fédérale de Paraíba (Brésil).

ACTIVITE EFFECTUEE : APPLICATION DU QUESTIONNAIRE A

Le questionnaire A (Appendice B) a été appliqué tout au long du cours intitulé – CCU – qui a été développé au premier semestre de 2018 au PPGAU/UFPB. L'objectif principal des questions ouvertes de ce questionnaire était de recueillir des informations auprès des étudiants, sur l'importance des thèmes structurants de cette recherche. Pour répondre au questionnaire, ils se basaient sur leurs expériences dans la conduite de l'étape de génération de concepts et d'alternatives initiales de solutions dans un processus de développement d'environnements, de produits et de services, dans des projets avec une approche centrée sur l'utilisateur.

PROFIL DES PARTICIPANTS

Treize étudiants régulièrement inscrits au cours et ayant une bonne expérience en conception de développement d'environnements, de produits ou de services ont répondu volontairement au questionnaire. Le profil des participants est présenté dans le Tableau 8.

Tableau 8. Profil des participants au cours de CCU 2018/01 PPGAU/UFPB.

Étudiant	Âge (années)	Sexe	Formation	Niveau
1	34	F	Architecture et Urbanisme	1 ^{er} cycle (L)
2	26	F	Architecture et Urbanisme	1 ^{er} cycle
3	26	F	Architecture et Urbanisme	2 ^e cycle (M)
4	29	F	Architecture et Urbanisme	3 ^e cycle (D)
5	25	M	Architecture et Urbanisme	1 ^{er} cycle
6	27	F	Génie Civil	1 ^{er} cycle
7	42	F	Conception de produits/Architecture et Urbanisme	1 ^{er} cycle
8	31	F	Architecture d'intérieur	1 ^{er} cycle

9	36	M	Architecture et Urbanisme	2 ^e cycle
10	28	F	Économie	1 ^{er} cycle
11	26	F	Architecture et Urbanisme	2 ^e cycle
12	28	M	Architecture et Urbanisme	1 ^{er} cycle
13	43	M	Architecture et Urbanisme	1 ^{er} cycle

REPONSES AU QUESTIONNAIRE

Concernant l'importance de la prise en compte des concepts de Systèmes Sensoriels dans les étapes de structuration de concepts et d'alternatives de solutions, onze personnes ont répondu positivement, soit 85% des participants.

Au regard de l'importance de l'utilisation des informations sur les Systèmes Sensoriels humains lors des phases de structuration de concepts et d'alternatives initiales de conception, deux personnes ont répondu par l'affirmative sans donner de commentaires, ce qui représente 15 % de l'échantillon (Figure 22).

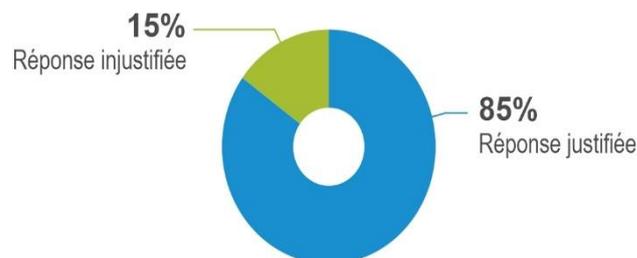


Figure 22. Données sur l'importance de l'utilisation des informations sur les Systèmes Sensoriels dans les phases de structuration de concepts et d'alternatives de conception initiales.

Source : préparé par l'auteur.

En ce qui concerne les principes d'Utilisabilité et de CU dans les phases de structuration de concepts et d'alternatives initiales de conception, 100 % des participants ont déclaré qu'ils sont importants et significatifs et tous les participants ont contribué par des remarques sur le sujet.

5.2.2 PARCOURS EMPIRIQUE POUR LA COMPOSITION DES EXIGENCES (CONTEXTE 2)

Étudiants de premier cycle de l'ENSCI - École Nationale Supérieure de Création Industrielle/ Alpes Design Lab/ ENSCI-Les Ateliers (France).

ACTIVITES EFFECTUEES : OBSERVATION SUR PLACE, GROUPES DE DISCUSSION ET APPLICATION DU QUESTIONNAIRE B

L'École Nationale Supérieure de Création Industrielle – ENSCI-Les Ateliers est un établissement public français à caractère industriel et commercial, soumis à la double tutelle des Ministères chargés de la culture et de l'industrie. Cette école d'enseignement supérieur propose une pédagogie basée sur le projet, selon une approche centrée sur l'étudiant, avec une expérience et une culture de conception structurées par des enjeux sociaux, artistiques et techniques contemporaines. De ce fait, les études se déploient dans les domaines des

sciences dites « dures » (biologie, chimie, physique), des technologies contemporaines (nouveaux matériaux, biotechnologie, visualisation de données, robotique, etc.) et des sciences humaines et sociales (sociologie, anthropologie, philosophie). Dans ce contexte, les activités des chercheurs sont établies par le biais de séminaires de recherche en liaison avec des « studios expérimentaux ».

C'est principalement grâce aux caractéristiques de l'ENSCI-Les Ateliers, où la recherche et le dialogue avec différents partenaires (industriels et universités) se déroulent de manière dynamique et constante, que la possibilité d'élargir l'échange de connaissances pour notre recherche s'est présentée, à travers ses workshops de conception, ses studios expérimentaux et créatifs. L'année de thèse de doctorat organisée en France avait comme objectif principal la participation à ces workshops.

Cette expérience a été significative pour la collecte des données qui composent les exigences de l'outil, en particulier :

- pour l'aspect interdisciplinaire de cette école qui reçoit des étudiants de différents domaines (architectes, designers industriels et ingénieurs), provenant de diverses écoles françaises et qui développent une partie de leur formation à l'ENSCI-Les Ateliers.
- par le profil caractéristique de l'école et de ses laboratoires, orientés vers la discussion, le développement et l'application des connaissances sur les processus de conception, en accordant une attention particulière aux processus de recherche et de création.

Tous les étudiants étaient régulièrement présents et les activités de conception ont été développées dans le cadre du workshop interdisciplinaire intitulé : Design & technologie, proposé par l'ENSCI-Les Ateliers. L'objectif du workshop était de réfléchir à des concepts innovants relatifs à la problématique « Les nouvelles énergies dans la mobilité de demain ». Dans ce contexte, il a été possible, comme observateur externe, d'interagir avec les équipes dans toutes les phases de développement des projets, en enregistrant et en analysant leurs actions.

PROFIL DES PARTICIPANTS

L'étape de la composition des exigences a été réalisée avec la participation de 19 étudiants des domaines de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie des Produits, comme le montre le Tableau9. Dans ce tableau, la « Période » indique le nombre de semestres d'étude effectué dans l'enseignement supérieur.

Tableau 9. Profils des participants/groupes de projets/ENSCI/2019.1.

Équipe A - nom du projet : ENOL					
Étudiant	Âge	Sexe	Formation	Période	Université
1	22	F	Ingénierie du Produit	9	Grenoble INP - Génie Industriel
2	18	F	Design Industrie	1	UGA ¹⁹ /ENSCI
3	20	M	Design Industrie	5	UPMC ²⁰ /ENSCI
4	19	F	Design Industrie	3	UGA/ENSCI
Équipe B - nom du projet : FAIRVAGO					
Étudiant	Âge	Sexe	Formation	Période	Université
1	21	F	Design Industrie	5	UPMC/ENSCI
2	26	M	Ingénierie du Produit	9	Grenoble INP - Génie Industriel
3	23	M	Design Industrie	7	UPMC/ENSCI
4	21	F	Design Industrie	7	UGA/ENSCI
Équipe C - nom du projet : MOBILITY					
Étudiant	Âge	Sexe	Formation	Période	Université
1	18	F	Design Industrie	2	UGA/ENSCI
2	19	F	Génie industriel	2	Grenoble INP - Génie Industriel
3	23	M	Design Industrie	4	Strate école de design
4	22	M	Ingénierie du Produit	5	Grenoble INP - Génie Industriel
5	20	F	Design Industrie	3	UPMC/ENSCI
Équipe D - nom du projet : FÉLIX					
Étudiant	Âge	Sexe	Formation	Période	Université
1	20	F	Design Industrie	4	Strate école de design
2	19	F	Architecture	3	ENSCI
3	23	F	Design Industrie	2	Strate école de design
4	21	M	Ingénierie du Produit	5	Grenoble INP - Génie Industriel
5	27	F	Architecture	8	ENSAG ²¹
6	18	F	Design Industrie	1	UGA/ENSCI

Source : préparé par l'auteur.

Comme il a déjà été indiqué dans le chapitre 2 de ce manuscrit, les ressources pour la collecte de données concernant ce **contexte 2** étaient : **Observation Systématique, Groupe de Discussion** et **Questionnaire**.

OBSERVATION SYSTEMATIQUE - ENSCI/ALPES DESIGN LAB/GRENOBLE

L'objectif principal de l'**observation systématique** était de comprendre comment les activités de conception se sont déroulées parmi les membres des groupes (Figure 23), principalement pour obtenir la connaissance des outils de conception utilisés par ceux-ci et si d'une manière ou d'une autre, les étudiants avaient pour habitude de prendre en

¹⁹ Université Grenoble Alpes (UGA).

²⁰ Université Pierre et Marie Curie (UPMC).

²¹ École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG)

considération les concepts de Systèmes Sensoriels, de principes d'Utilisabilité et de CU à un moment donné du parcours de conception.

Les activités ont débuté après la signature du document de l'ENSCI/*Alpes Design Lab* donnant l'autorisation de participation aux séances de Workshop dans le cadre de la thèse (Annexe B).



Figure 23. Observation sur place ENSCI/Alpes Design Lab/Grenoble.
Source : préparé par l'auteur.

Le déroulement des observations a suivi les étapes suivantes établies par l'équipe d'enseignants qui a coordonné le cours.

- **Phase d'immersion** : par des visites à des laboratoires du CEA, des recherches d'outils communs pour la conception, des descriptions de ressources technologiques présentées et la compréhension de leurs possibilités et limites, des recherches sur le sujet et des interventions de partenaires/chercheurs/universitaires sur le sujet du semestre.
- **Positionnement et intention** : réflexion autour d'objets mobiles, habités ou non, exploration de nouveaux usages et possibilités d'usages.
- **Concept et Architecture de la Conception** : structuration globale d'un objet mobile électrique et/ou de sa station de recharge : définition des types, fonctions et utilisations de chaque proposition et planification.
- **Formalisation** : conception et représentation des propositions et du modèle.

Les observations ont montré qu'à aucun moment au cours des actions de conception, tout au long du semestre, il n'y a pas eu de discussions ou d'emphase sur les thèmes structurants de la recherche (Systèmes Sensoriels, Utilisabilité et CU) appliqués au parcours du projet.

Deux équipes ont traité de manière superficielle les critères d'Utilisabilité lors de l'élaboration des propositions d'interfaces qui composaient la solution finale du système

proposé. Les autres équipes n'ont pas pris en compte les sujets mentionnés au moment de la préparation et de l'élaboration de leurs propositions.

GROUPES DE DISCUSSION

Les activités ont été menées séparément avec chaque groupe. La transcription des données les plus significatives s'est faite sur la base des enregistrements des moments de travail des participants sur chaque thème présenté au cours de la section respective (Figure 24). L'objectif central du groupe de discussion était d'identifier les perceptions, les idées, les attitudes et les sentiments des participants relatifs aux activités guidées par un scénario semi-structuré. L'objectif était de comprendre la perception des équipes en relation :

- Aux caractéristiques de la dynamique de la conduite du processus de conception adopté par les équipes participantes ;
- Aux caractéristiques des outils de conception utilisés pour soutenir la phase de créativité pendant la génération de concepts et d'alternatives de solutions ;
- Aux perceptions et impressions des étudiants participant aux domaines de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie des Produits sur l'importance des thèmes Systèmes sensoriels, Utilisabilité et CU, au moment de la structuration de concepts et d'alternatives initiales de solutions ;
- A la réalisation d'un outil de conception pour soutenir le développement de concepts et d'alternatives initiales de conception, en prenant en considération le fonctionnement des Systèmes Sensoriels, les Principes d'Utilisabilité et de CU.

Les expériences rapportées par les participants ont été enregistrées à l'aide d'enregistrements vocaux, de photographies et d'annotations.



Figure 24. Groupe de discussion avec les équipes.
Source : préparé par l'auteur.

Les réunions ont été organisées en trois sessions pour chaque groupe avec des objets différents abordés à chaque session et qui respectaient le calendrier des activités de

conception des équipes. Chaque réunion a duré environ trente minutes. À la fin de chaque session, les données ont été transcrites à l'aide du logiciel Microsoft Word. À partir de la lecture et de l'analyse des transcriptions, les contenus les plus significatifs de chaque session qui exprimaient le mieux les perceptions et impressions des équipes ont été sélectionnées.

Grâce aux terminologies identifiées lors des échanges, il a été possible de générer des nuages de mots pour enrichir la visualisation des données et obtenir une meilleure compréhension de leur contenu. Par la suite, les textes de synthèse ont été structurés, selon la composition des sessions et leurs objets respectifs, comme décrit ci-dessous :

Groupe de discussion – Session 1 – objet principal : Processus de conception

Date : le 28 novembre 2018.

Durée totale de la section avec les quatre groupes 108 min. Temps moyen pour chaque groupe 27 minutes

Question clé 1 – Qu'entendez-vous par processus de conception ?

Les participants ont généralement déclaré verbalement que le processus de conception est associé à un scénario qui doit être suivi pour atteindre l'objectif du projet. En ce qui concerne les expressions et les gestes importants utilisés pendant le déroulement des discussions des groupes, aucune particularité ne s'est manifestée. En observant le comportement des étudiants et en les écoutant, l'impression donnée est que le sujet est clair dans le sens où il y a un consensus sur la signification du terme « processus de conception », dans le contexte dans lequel le questionnement a été fait.

Le processus de conception est surtout compris par les participants, comme un chemin qui guide le travail des concepteurs. Ce fait a mis en évidence une bonne connaissance des participants sur le sujet. Les discussions et commentaires ont été très similaires entre les équipes.

Question clé 2 – Comment s'est déroulée l'élaboration des étapes de créativité de conception auxquelles vous avez participé jusqu'à présent ?

Les discussions sur cette question ont montré une diversité d'expériences parmi les participants. Les participants ayant une formation en ingénierie ont fait état d'activités créatives essentiellement basées sur l'utilisation de logiciels. L'accent a également été mis sur des expériences de discussions de groupe, de dessins libres sur papier et de brainstorming dans les premiers moments du processus de conception. Une étudiante diplômée en Architecture a souligné que, dans certaines expériences auxquelles elle a eu l'occasion de participer dans le cadre de travaux universitaires, il y avait la participation collaborative de personnes extérieures ce qui, pour elle, était très positif dans le sens où cela apportait de nouveaux sujets et de nouvelles questions à l'équipe.

Les expériences rapportées ont mis en évidence un point commun notamment relatif à l'association la conception à un sentiment de liberté, montrant un certain rejet de l'organisation et de la discipline dans le processus créatif. L'une des étudiantes ayant une

formation en Design Industriel a souligné l'importance de l'approche de la conception UX pour la dynamique des activités de créativité du projet.

Les analyses ont révélé une certaine importance de liberté mais ont également identifié un certain manque d'organisation pour cette phase de créativité dans les projets. Un aspect très intéressant qu'il convient de souligner provient des déclarations des étudiants ayant une formation en architecture et en ingénierie, qui ont décrit l'étape de créativité dans des projets comme limitée à l'utilisation de logiciels de modélisation 3D et de dessins sur papier. Les étudiants en Design Industriel et une étudiante en Architecture ont fait état d'expériences plus structurées, faisant référence à la réalisation des objectifs de conception et à la participation de personnes d'autres domaines.

Groupe de discussion – Session 2 – Objet principal : Outils de conception

Date : le 29 novembre 2018

Temps total avec les quatre groupes 112 min. Temps moyen pour chaque groupe 28 minutes

Question clé 1 – Qu'entendez-vous par « outils de conception » ? Quels outils avez-vous déjà utilisés ?

Les observations et les discussions entre les participants ont clairement montré qu'il existe une compréhension commune du fait que les outils de conception servent à soutenir les méthodes de conception et qu'il existe une diversité de ces outils. Les outils cités étaient les suivants : certains logiciels de modélisation 3D et d'autres plus axés sur le soutien aux activités de génération initiale de concepts et d'alternatives comme le mind map, le brainstorming, les personas, les photographies, le panneau visuel, les prototypes et les sketches.

Question clé 2 – Quel est votre avis sur l'utilisation des outils de créativité pour soutenir les étapes de génération de concepts et d'alternatives initiales de solutions ?

Les participants ont été unanimes pour indiquer l'importance des outils de créativité pour soutenir la génération de concepts et d'alternatives initiales de solutions. Cependant, dans leurs discours, il a été possible d'observer une certaine confusion sur ce qu'est un outil de créativité. Toutefois, il y a eu des observations récurrentes au sein des équipes sur le fait que les outils doivent être faciles à utiliser pour ne pas inhiber la motivation du concepteur.

Groupe de discussion – Session 3 – Objet principal : Systèmes Sensoriels, Utilisabilité et CU

Date: le 03 décembre 2018

Temps total avec les quatre groupes 118 min. Temps moyen avec chaque groupe 29 min

Question clé 1 – Considérez-vous comme positive la mise à disposition des thèmes de Systèmes Sensoriels, d'Utilisabilité et de CU pour les concepteurs au moment de la structuration des concepts et d'alternatives initiales de solutions ?

Tous les commentaires étaient positifs sur l'importance de cette disponibilité. Mais il a été difficile de présenter ces thèmes de manière simplifiée, facile à utiliser et à comprendre

pour les concepteurs. Certains ont signalé qu'il serait important de mettre en œuvre cela. Un étudiant en Ingénierie des Produits et une étudiante en Design Industriel ont souligné la difficulté de rendre ces sujets disponibles de manière organisée et facile à utiliser.

Question clé 2 – Pensez-vous qu'il soit possible de « fusionner » et de mettre les thèmes de Systèmes Sensoriels, d'Utilisabilité et de CU à la disposition des concepteurs sous la forme d'un outil de conception ?

Tous ont répondu par l'affirmative, en précisant qu'il serait important de simplifier ces informations, car les étapes de créativité doivent être stimulantes et simples pour ne pas « étouffer » le concepteur ; les outils complexes pour ces étapes ne fonctionnent pas. Des discussions ont porté également sur la manière dont il serait possible de mettre ces thèmes à disposition de manière attrayante et facile à utiliser. Un étudiant en Design Industriel et un autre en Ingénierie des Produits ont déclaré que l'idéal serait une application et que l'utilisation pourrait se faire par le biais d'Internet. Selon eux, cela permettrait à plusieurs membres d'une équipe de travailler à distance, de manière interactive et collaborative en temps réel. Les discussions autour de la plateforme qui pourrait supporter l'outil – qu'il soit numérique, physique, etc. – ont duré un certain temps, mais ont motivé tous les étudiants.

Le consensus était qu'il devrait permettre la génération d'une variété de possibilités de solutions de conception, c'était le point central des observations des participants. Ils ont également exprimé leur étonnement par rapport à l'idée de la création d'un tel outil, mais aussi leur intérêt sur la possibilité de le configurer pour les étapes de créativité avec les thèmes mentionnés (« c'est un défi intéressant »). Collégalement, ils ont compris qu'il constituerait une contribution importante pour les trois domaines représentés (Architecture, Design Industriel et Ingénierie des produits), mais qu'ils n'avaient tout simplement pas d'idées claires pour y parvenir.

QUESTIONNAIRE B - ENSCI/ALPES DESIGN LAB/GRENOBLE

L'objectif principal du questionnaire B (Appendice C) était de recueillir des informations auprès des participants (1) sur la pertinence des thèmes structurants de l'outil pendant le développement des étapes de créativité, ainsi que (2) sur les aspects formels et fonctionnels de l'outil proposé. Le questionnaire a été appliqué à la fin du semestre auprès des membres des équipes d'étudiants, après l'achèvement des étapes de conception prévues pour le cours. Elles ont été développées pendant le workshop interdisciplinaire.

Partie 1 (question 1.1 à 1.10) caractérisation des participants :

Les réponses concernant la participation aux projets d'architecture ont été configurées comme suit : quatre participants ont déclaré avoir déjà participé à des projets d'architecture, ce qui correspond à 21 % de l'échantillon ; douze (63 %) n'avaient jamais participé et trois (16 %) n'ont pas répondu à la question, comme le montre la Figure 25.

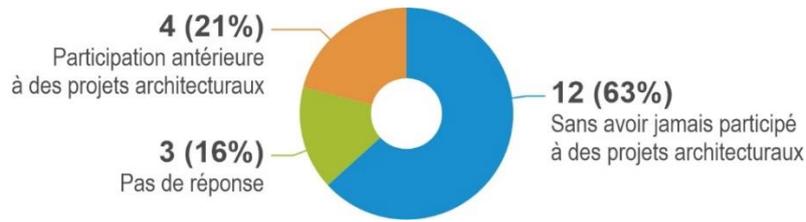


Figure 25. Participation aux projets d'Architecture.
Source : préparé par l'auteur.

Concernant la question sur la participation aux projets de conception, les 19 participants ont répondu avoir déjà participé (100 % de l'échantillon). Quand ils ont été interrogés sur leur participation à des projets d'ingénierie, 11 participants ont répondu positivement (58 % de l'échantillon), 8 autres (42 % des participants) ont répondu non (Figure 26).



Figure 26. Participation à des projets d'ingénierie.
Source : préparé par l'auteur.

Partie 2 du questionnaire B : sur les concepts qui structurent l'outil de conception en cours de développement

Il a été demandé aux participants si, au cours d'une activité de conception, ils avaient eu des contacts avec les thèmes Systèmes Sensoriels, Utilisabilité et CU. De façon isolée par rapport au Système Sensoriel et par rapport à la CU, aucun participant n'a répondu par l'affirmative. Concernant l'Utilisabilité, quatre participants ont répondu positivement, ce qui correspond à 21 % des étudiants.

En ce qui concerne la combinaison des thèmes Systèmes Sensoriels et Utilisabilité, trois participants ont répondu qu'ils avaient déjà eu une expérience sur ces deux thèmes, ce qui correspond à 16 % de l'échantillon. Deux personnes ont répondu affirmativement à la combinaison CU et Utilisabilité, ce qui représente 11 % du total des participants et aucun participant n'a mentionné la combinaison CU et Systèmes Sensoriels. Six volontaires (32 % de l'échantillon) ont répondu qu'ils avaient eu des contacts avec les thèmes Systèmes Sensoriels, Utilisabilité et CU pendant le développement des projets. Et quatre (21 %) n'ont pas indiqué d'opinion. Ces données peuvent mieux être visualisées sur la Figure 27.

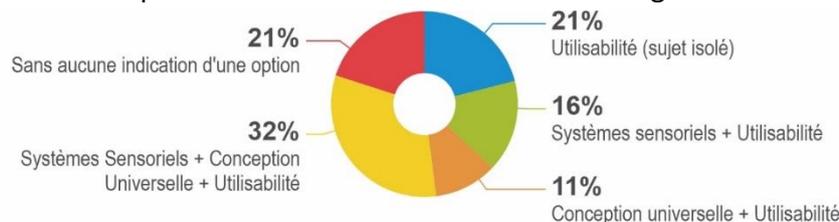


Figure 27. Manipulation des thèmes Systèmes Sensoriels – Utilisabilité – CU pendant les développements de projets.

Source : préparé par l'auteur.

Quant à l'utilisation des outils de créativité pendant le processus de conception, les réponses ont présenté un total de 30 outils considérés comme significatifs par les participants. Ils ont évoqué essentiellement des exemples traditionnellement utilisés dans des projets d'Architecture, de Design Industriel et de d'Ingénierie des Produits. L'outil traditionnel brainstorming a été largement cité. La Figure 28 rassemble les outils mentionnés et la fréquence des indications faites par les élèves qui ont répondu au questionnaire.

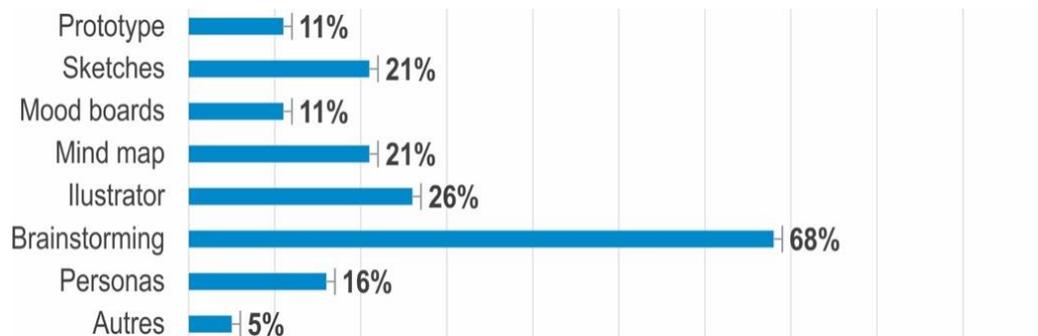


Figure 28. Fréquences (%) des citations par outil de créativité (question 2.1, questionnaire B)
Source : préparé par l'auteur.

Pour représenter les aspects positifs et négatifs mis en avant par les étudiants sur ces outils de créativité, la représentation Nuages de Mots a été utilisée pour une meilleure visualisation des données. Ces points sont rassemblés dans le Tableau 10.

Tableau 10. Aspects positifs et négatifs identifiés dans les outils de créativité question 2.2.

Aspects positifs :	Aspects négatifs :
<p>Facilement adaptable, modifiable, simple à utiliser, créer des liens, adapter, idées libres, original, visuel, soutien, simple et intuitif, idées créatives, originalité, organisation, co-création, esthétique, réunions d'idées, inspiration, état de l'art, savoir, soutien 3D, penser, besoins et connaissances, mélanger les idées en groupe, propre.</p> 	<p>Coûteux, demande du temps pour la formation, peut trop guider, très limité, juste des mots, pas d'image, idées totalement divergentes, but perdu, beaucoup d'informations, peu objectif, éloigné du sujet initial, difficile, compliqué, ne regroupe pas tous les aspects de la conception.</p> 

Source : préparé par l'auteur.

À propos de l'importance de l'utilisation des informations sur les Systèmes Sensoriels (olfaction/gustatif, haptique, auditif, système de base d'orientation et visuel) pendant les étapes de créativité dans le développement des solutions de conception, les réponses ont été pour la plupart positive. Certaines observations suggèrent des points forts tels que : « c'est important pour la mémorisation de ces informations par les concepteurs », « cela favorise une création plus proche des besoins des utilisateurs et c'est important parce que cela permet une

meilleure compréhension de l'utilisateur et anticipe son attitude envers la conception développée », « cela peut conduire à différentes manières de créer, plus sensibles », « moins cartésiennes, régulières et habituelles », « l'humain doit être au centre des conceptions », « de nombreuses sensations de qualité des objets passent par les autres sens, il est essentiel d'utiliser ces informations », « parce que nous créons des objets, des services, des bâtiments, des espaces, etc. pour les êtres humains ».

Par rapport à l'importance de prendre en compte les principes d'Utilisabilité et de CU, les participants ont pour la plupart répondu par l'affirmative. Certaines réponses méritent d'être soulignées telles que : « ces ressources permettent de ne pas omettre un aspect important dans la conception », « oui, la créativité de la conception doit être simple à comprendre (Utilisabilité) pour tous (Universel) », « oui, nous devons apporter de principes plus 'scientifiques' pour guider les réflexions », « c'est important, puisque cela nous permet de répondre à des problèmes qui existent réellement et d'esquisser un produit qui correspond à ce qui est généralement attendu ».

Lorsqu'on leur demande comment des informations sur le fonctionnement des Systèmes Sensoriels, les principes d'Utilisabilité et de CU peuvent être mises à disposition dans un outil de conception, il est intéressant de souligner quelques réponses : « c'est quelque chose d'inhabituel aujourd'hui », « il est important de le rendre simple et joyeux », « c'est une question difficile », « peut-être une liste de questions sur la conception pour nous interroger et revenir en arrière », « l'outil doit permettre de résumer de manière exhaustive toutes les données d'un problème, il doit être facile à utiliser ».

En ce qui concerne le format/support pour une meilleure expérience quant à l'utilisation de l'outil de conception proposé, les pourcentages relatifs aux réponses sont de 42% pour numérique + tridimensionnel, 5% pour papier + numérique, 11% pour tridimensionnel, 11% pour numérique, 5% pour papier, 11% pour numérique + tridimensionnel + papier et 16% pour papier + tridimensionnel (Figure 29).

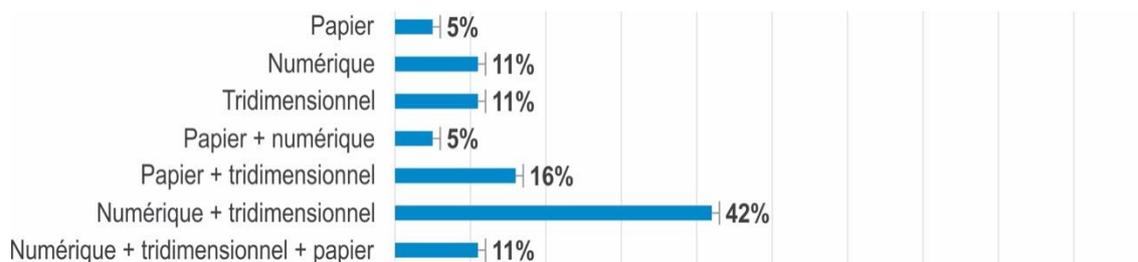


Figure 29. Fréquences (%) des citations par format d'utilisation de l'outil de créativité proposé
Source : préparé par l'auteur.

5.2.3. PARCOURS EMPIRIQUE POUR LA COMPOSITION DES EXIGENCES (CONTEXTE 3) : BUREAU DE REFERENCE CRIDEV/GRENOBLE/ FRANCE.

La troisième activité menée dans le processus de composition des exigences pour le développement de l'outil a eu lieu au premier semestre 2019 dans la ville de Grenoble/France. Le travail a été développé avec la participation du bureau de référence CRIDEV. L'objectif

principal dans ce troisième contexte était d'obtenir des informations de la part de professionnels fortement impliqués dans le développement de conceptions d'environnements bâtis (Architecture) et de produits (Ingénierie et Design Industriel), ayant une large expérience sur le sujet de l'accessibilité. Il convient de mentionner que l'expérience auprès du CRIDEV a également permis de connaître plus en détail la méthodologie de conception développée et utilisée par ce bureau lors de la structuration de ses projets (Figure 16).

Les activités ont débuté le 21 mai 2019 par une réunion de présentation de notre activité de recherche et des activités menées par le bureau référent. Suite à cette rencontre, le **questionnaire C** (Appendice D) a été appliqué et les données obtenues à partir des réponses ont été organisées et traitées. Le 13 juin a eu lieu **l'entretien semi-structuré** qui a duré environ une heure, tout comme la réunion de présentation initiale. Les deux ayant eu lieu au siège du CRIDEV.

QUESTIONNAIRE C

Partie 1 du questionnaire : caractérisation des participants

Deux professionnelles ont participé et ont répondu au questionnaire. La participante A est âgée de 31 ans et occupe le poste de directrice du pôle études. Elle a une formation en Beaux-Arts (licence en Arts appliqués), en Conception d'objets et en Architecture, avec des diplômes obtenus en 2005, 2008 et 2014. Son expérience professionnelle est de cinq ans. La participante B est âgée de 43 ans et occupe le poste de directrice du pôle qualité et formation. Sa formation professionnelle porte sur la qualité, la sécurité et les métiers de la santé (diplômée en 2001). Son expérience professionnelle est de 17 ans, dont quatre ans consacrés au CRIDEV.

Partie 2 du questionnaire : sur la méthodologie de conception du bureau

Lorsqu'on leur a demandé à quel stade de la méthodologie de conception développée par le bureau/CRIDEV elles se considèrent les plus actives, la participante A a répondu qu'elle était prête à intervenir à toutes les étapes : « comme directrice d'études, je suis 'active' à toutes les étapes ». La participante B a décrit sa contribution en huit étapes de la méthodologie décrites ci-dessous.

- **Étape 1** : appui méthodologique pour la définition des méthodes et outils de collecte des utilisations et des besoins. Appui méthodologique, coordination, formation et animation du groupe d'utilisateurs pour la collecte des utilisations et des besoins : format de réunion plénière et format de réunion individuelle (observation de la chaîne d'utilisation et du questionnement de l'utilisateur), synthèse et formalisation des utilisations et des besoins sous forme de « termes d'usages », dans un carnet d'usages.

- **Étape 2** : médiation entre les utilisateurs demandeurs et les décideurs financiers. Formalisation des décisions sous la forme d'un contrat qui établit les objectifs d'utilisation commune.
- **Étapes 3, 4, 5 et 6** : assistance méthodologique pour l'élaboration et la formalisation d'outils et de guides.
- **Étape 7** : médiation entre les utilisateurs et les professionnels du développement. Aide méthodologique pour l'élaboration et la formalisation des outils.
- **Étape 8** : soutien à la création d'outils pour l'appropriation et la surveillance des espaces de vie par les utilisateurs de ces espaces. Suivi des gestionnaires dans la mise en œuvre de ces outils et leur intégration dans leurs pratiques de gestion et d'affaires pour une amélioration continue. Aide aux gestionnaires et aux utilisateurs pour l'utilisation des données collectées et pour prendre en compte les résultats par l'intermédiaire d'actions concrètes et pour une reconnaissance externe du niveau de qualité d'utilisation des espaces de vie par le processus de labellisation ACCEV®.

A la question « **Existe-t-il une étape de la méthodologie (développée par le CRIDEV) favorisant le développement de concepts et d'alternatives initiales de solutions et un outil de création est-il utilisé ?** », la participante A a indiqué que chaque projet nécessite la personnalisation et l'adaptation de la méthodologie et, par conséquent, une approche sur mesure de l'équipe est favorisée. À chaque étape, des outils spécifiques à la méthodologie sont proposés et parfois personnalisés. « En outre, selon le client, notre approche et notre discours sont également adaptés. Le fait d'être dans un contexte de 'recherche' implique une remise en question de notre pratique et de notre approche, ce qui nécessite donc l'amélioration et le développement d'outils », a souligné la directrice des études.

Concernant les principaux outils qui sont manipulés lors des étapes 3 traduction (liée à l'interprétation des données collectées pour la conception) et 4 conception (liée au moment – processus d'idéation/de créativité de la conception) de la méthodologie développée par le CRIDEV, la participante A répond qu'elle utilise principalement, pour l'étape 3, un éditeur de texte (Open Office) + le logiciel de CAO (Adobe CS, ArchicaD, AutocaD, Sketchup); et pour l'étape 4, un logiciel de traitement de texte + le logiciel de CAO + des œuvres d'art + des échantillons + des dessins + des références de la littérature. La participante B a déclaré que la question ne relevait pas de son domaine d'expertise, à l'exception du soutien à la formalisation des outils.

Lorsqu'il leur a été demandé quels outils contribuent à l'étape de créativité, la participante A a répondu qu'il s'agit des logiciels informatiques. La participante B a répété le commentaire précédent. Dans cette même question, il leur a été demandé de souligner les caractéristiques positives et négatives des outils utilisés au cours des étapes 3 et 4 de la méthodologie CRIDEV. Caractéristiques positives indiquées par la participante : facilité de manipulation et d'adaptation, et modification en temps réel des travaux. Caractéristiques négatives : des interfaces différentes et des logiciels avec licence d'utilisation.

Partie 3 du questionnaire : l'objet de la recherche

Les participants ont été invités à classer leurs activités professionnelles par importance par rapport aux thèmes structurant notre recherche, sur une échelle où 4 est le plus important et 1 le moins important, comme indiqué ci-dessous (Figure 30).

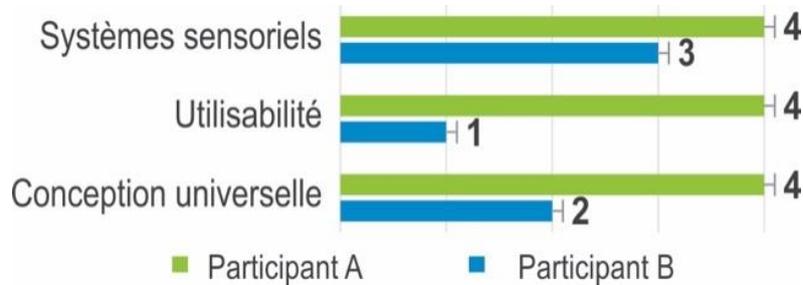


Figure 30. Classification de l'importance des thèmes pour les activités professionnelles des participants du CRIDDEV.

Source : préparé par l'auteur.

Relativement aux Systèmes Sensoriels, il leur a été demandé de classer les 5 systèmes sensoriels humains par niveau d'importance lors d'application dans le processus de conception. La participante A a répondu que dans une partie de la méthodologie, tous sont pris en considération avec la même valeur 5. La participante B, à son tour, répond en attribuant différents niveaux d'importance sur une échelle de (5 à 1) où 5 est plus important et 1 moins important, comme représenté ci-dessous (Figure 31).

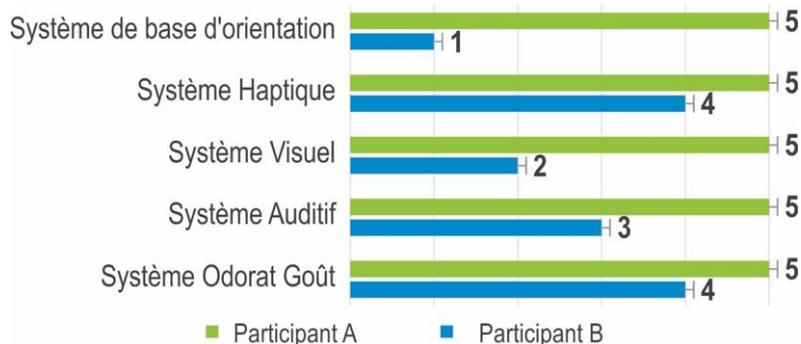


Figure 31. Classification du niveau d'importance des 5 Systèmes Sensoriels.

Source : préparé par l'auteur.

En ce qui concerne les principes de la CU, la participante A a de nouveau déclaré que tous ces concepts sont pris en considération et donc appliqués de telle sorte qu'ils ont tous la même valeur 10. La participante B n'a pas répondu à cette question.

La participante B a par contre répondu en classifiant les 10 principes d'Utilisabilité sur une échelle de (1 à 10), comme le montre la figure suivante. La participante A a de nouveau déclaré que tous ces concepts sont pris en considération avec la même valeur 10 (Figure 32).

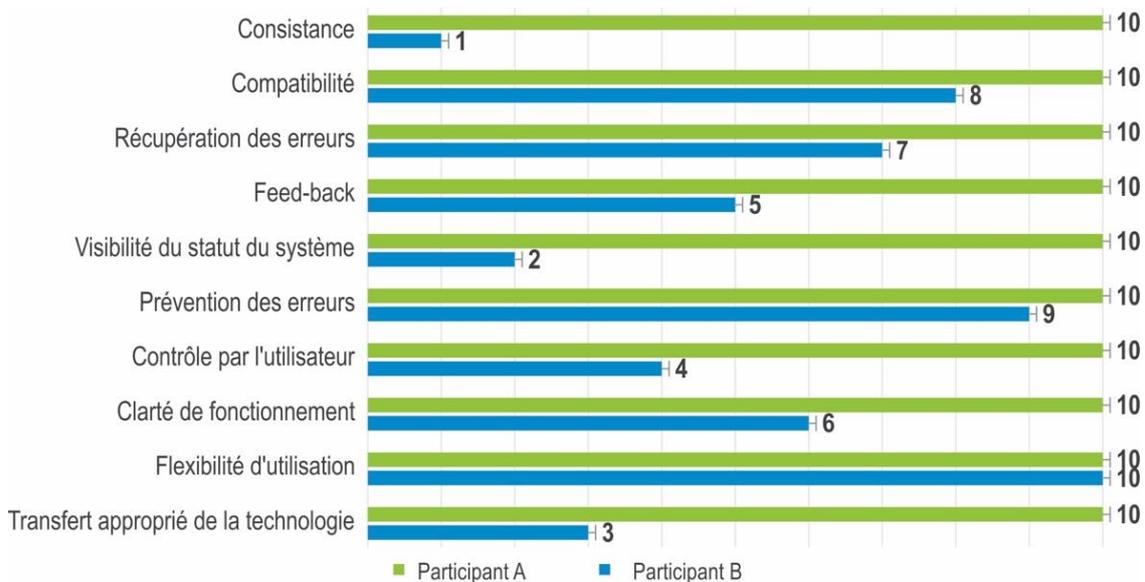


Figure 32. Classification du niveau d'importance des concepts d'Utilisabilité appliqués au développement de la conception.

Source : préparé par l'auteur.

Quand elles ont été interrogées sur l'importance d'utiliser, lors des étapes de création, un outil permettant de considérer simultanément les trois thèmes, les réponses des deux participantes ont fait ressortir qu'il est important d'essayer cette possibilité. Sur la possibilité de mettre à disposition un outil présentant de telles caractéristiques pour l'utiliser dans la méthodologie développée par le bureau, la réponse de la participante A a été positive, car elle considère qu'il serait positif d'avoir un seul outil « opérationnel » au lieu de la variété des outils. Elle a ajouté qu'au moins un outil par étape de la méthodologie faciliterait l'interaction avec les acteurs participant aux conceptions.

La participante B a souligné qu'il serait positif dans le sens d'une simplification de la tâche lors de la préparation du rapport d'audit, d'un gain de temps, d'une homogénéisation des rapports d'évaluation, d'une visualisation des résultats de manière synthétique, permettant une analyse et une prise de décision plus facile, d'une compréhension simple et intuitive des résultats, d'une exploration rapide pour l'identification et la définition des actions d'amélioration à mettre en œuvre.

Concernant les caractéristiques formelles que l'outil pourrait prendre (numérique, papier ou avec des éléments tridimensionnels), les deux participantes ont souligné les options numérique et papier, ce qui signifie qu'elles n'ont pas jugé important d'envisager la possibilité d'éléments tridimensionnels dans la structure et l'utilisation de l'outil. À la fin du questionnaire, un espace de commentaires libres qui a été rempli par le participant A avec les observations suivantes : « Ce questionnaire est très riche, mais nécessite une période de réflexion plus longue ».

ENTRETIEN SEMI-STRUCTURE

L'entretien avec le personnel du CRIDEV a eu lieu à son siège à Grenoble/France le 13 juin 2019. L'entretien semi-structuré s'est déroulé en présence du doctorant et de ses deux co-directeurs de thèse, en présence de trois professionnels du CRIDEV : la directrice du pôle études (A), la directrice du pôle qualité et formation (B) et le directeur de recherche (C). Les activités ont duré 01h51min et ont été guidées par un script basé sur les questions clés préparées pour l'interview. Les observations les plus importantes sont présentées ci-après :

Question clé 1 – Pouvez-vous nous en dire un peu plus sur cette phrase : « À chaque étape, des outils spécifiques à la méthodologie (développés par le CRIDEV) sont proposés et parfois personnalisés » ?

La participante B a commencé par parler de l'importance de faire une explication générale de la structure de la méthode (développée par le CRIDEV). Il convient de remarquer que la question clé 1 a été formulée sur la base d'une déclaration faite par l'un des membres du CRIDEV, le 21 mai 2019, au moment de la réunion de présentation de cette recherche de thèse et des activités menées par ledit cabinet. Toutefois, il a été souligné que les actions envisagées dans les méthodologies sont « parfois » personnalisées, car elles concernent le groupe d'experts et les utilisateurs. La forme est la même : au moyen de carnets qui conduisent les étapes.

Il n'en va pas de même pour le contenu : le langage change en fonction des étapes 1, 2, 3 et 4. La participante B a déclaré : « Nous passons d'un langage où nous exprimons les besoins (étapes 1 et 2), quand nous parlons des utilisateurs (futurs utilisateurs), contrairement aux étapes 3 et 4, où nous nous adressons aux techniciens aux architectes et au concepteur. Et donc, nous avons davantage de langage en termes de préconisation. [...] Nous passons d'un carnet d'usages (étapes 1 et 2) à un carnet d'illustrations (étapes 3 et 4) et nous traduisons les contenus pour les adapter au public destinataire ».

Question clé 2 – En pratique, comment vos conceptions ont-elles évoluées, en tenant compte des trois composantes : l'utilisateur, l'utilisation et l'espace ?

Lorsqu'on leur a demandé s'ils utilisaient les cahiers comme support à toutes les étapes, le participant C a répondu : « [...] c'est cela, nous utilisons quatre carnets, donc à chaque étape nous utilisons un carnet. [...] Mais ce ne sont pas des protocoles. La grande différence avec notre méthodologie est que le carnet d'illustrations est la préconisation. Il explique comment le faire ; donc, le problème avec les professionnels aujourd'hui est que, en disant comment le faire, cela ne veut pas dire que vous savez pourquoi. Les illustrations ne sont pas une obligation de résultat, mais une obligation de moyens. Et ces moyens ne garantissent pas les résultats ».

La participante B a précisé que « le moyen est la manière de le faire, la raison est le pourquoi et le moyen est de savoir comment le faire ». Elle a cité l'exemple d'un architecte qui conçoit un espace pour déposer les ordures, avec deux types de poubelles, mais il n'arrive

toujours pas à comprendre comment se déroule le processus de ramassage et de changement des poubelles ; il ne pense donc pas à l'utilisation. Par conséquent, selon elle, il est important de donner des informations suffisamment claires et détaillées en termes d'usage pour pouvoir donner des réponses sur l'utilisation.

Quand on leur a demandé pourquoi ils donnent un second moment à ces actions, le participant C a répondu : « Le problème est que les architectes partent du programme, du carnet d'illustrations qui leur a été donné déjà au niveau 3 de notre méthodologie. Donc, si nous n'intervenons pas au niveau de la conception et de la réalisation, nous n'utiliserons pas ce qui nous permettra de travailler ». Le participant C s'est manifesté en disant qu'aujourd'hui, comme le cahier d'illustrations n'est pas utilisé au début, cet outil, au départ, ne peut se faire qu'avec le maître d'œuvre, puisque « quand on intervient au niveau de la conception, nous travaillons avec le maître d'œuvre et il s'appuie sur le cahier d'illustrations. Il s'agit donc de modifier et d'enrichir le cahier d'illustrations afin que l'architecte et le concepteur utilisent ses éléments. C'est pourquoi nous avons mis en place ce cahier d'illustrations et le carnet d'usages ».

Les participants A et B ont expliqué que l'étape 1 – concertation / demandes – consiste à identifier les besoins et à recueillir des informations sur les usages. Elle comporte trois niveaux : l'information, la consultation et la négociation – en cela, les utilisateurs participent à la décision. Pour les trois professionnels du CRIDEV présents, sans ce niveau il n'y a pas toujours de concertation comme il est préconisé dans la définition de l'étape, comme par exemple le fait de travailler avec quelqu'un qui ne parle pas et ne s'est même pas exprimé : en ce sens, il n'y a pas de concertation. Le participant C fait ainsi remarquer que le mot « concertation » est très mal utilisé et est peut-être un abus de langage. Il a également souligné l'importance d'enquêter sur les codes dans chaque pays, dans chaque lieu, car il est très difficile de trouver un code qui parle à tout le monde.

Enfin, le doctorant a demandé comment les projets sont développés par le CRIDEV par rapport à l'utilisateur, à l'utilisation et à l'espace (espace de vie). Le participant C a répondu : « L'espace est l'objet dans l'espace avec l'utilisateur et l'utilisation qu'il fait de cet objet. Pour nous, le concept d'espace de vie est l'interaction entre l'utilisateur et l'objet ». Il a complété en disant que les trois éléments sont typiques du moment de la concertation : « Aujourd'hui, nous avons un expert de l'espace, de la conception de l'objet et nous avons les utilisateurs, pour les faire parler et s'adapter. Quand chacun sort de son problème personnel et se place ensemble dans un problème qui est la situation, cela facilite la négociation ; les expériences des utilisateurs sont fondamentales ».

Question clé 3 – Concernant les caractéristiques d'utilisation et le format de l'outil que nous proposons, auriez-vous des suggestions spécifiques à faire ?

Le participant C a jugé positive l'approche des 5 Systèmes Sensoriels et a fait des commentaires sur la synesthésie. Il a déclaré que cela était important et a fait ressortir ce qui suit : « Nous sommes dans une méthode de conception classique, essayant de faire un bon

volume, une belle forme, surtout en Architecture. La formation, dans nos écoles, c'est cela : comment nous allons le rendre beau, c'est-à-dire esthétique ». Il a précisé qu'ils essaient de transformer complètement cette approche, c'est-à-dire d'insister sur la question de l'utilisation, de bien traduire la question de l'usage, son fonctionnement et ensuite d'habiller l'utilisation, de donner une forme finale au produit.

Enfin, les participants ont souligné qu'il était important que l'outil soit de facile utilisation et simple dans sa conception.

5.2.4 TABLEAU REGROUPANT LES EXIGENCES POUR LA STRUCTURATION DE L'OUTIL

A partir de la littérature consultée et suite au parcours empirique pour la composition des exigences, il a été possible d'identifier des informations significatives en vue de structurer l'outil. De cette façon, un tableau récapitulatif a été établi avec les aspects les plus significatifs sur la base du modèle d'exigences pour les produits interactifs proposé par Preece, Rogers et Sharp (2005) et centré sur l'utilisateur, ISO 9241-210 (2011) – Tableau 11.

Tableau 11. Bilan des exigences définies pour le processus de développement de l'outil (prototype).

Exigences fonctionnelles	Caractère obligatoire
Permettre le partage, de manière collaboratrice et interactive, des activités réalisées entre les utilisateurs de l'outil	Souhaitable
Avoir la liberté de choisir les combinaisons binaires des concepts et des principes des thèmes structurants de l'outil, pour guider les actions du projet	Obligatoire
Proposer une base de données (numérique) des conceptions développées pour la consultation	Souhaitable
Avoir la possibilité d'imprimer (panneaux visuels) les données insérées dans l'outil (textes et images)	Obligatoire
Pouvoir naviguer de manière non linéaire entre des étapes qui composent l'outil (permet des avancements, des retours et des ajouts aux étapes)	Souhaitable
Exigences de données	
Avoir la combinaison de données en format numérique, papier et avec des éléments tridimensionnels (physiques)	Souhaitable
Permettre l'insertion libre de données écrites (concepts) et le choix d'images (photos et dessins déjà réalisés ou développés) par l'utilisateur de l'outil	Obligatoire
Avoir la possibilité de stocker en toute sécurité les données collectées et développées	Obligatoire
Permettre, pendant l'utilisation, la consultation des définitions des concepts et des principes des thèmes structurants qui forment les combinaisons binaires de l'outil	Obligatoire
Exigences environnementales et contexte	
Pouvoir utiliser l'outil sur différentes plateformes (numériques et physiques)	Souhaitable
Avoir un accès facile au stockage (numérique et physique) des données	Souhaitable
Disposer d'une fonction d'utilisation collaboratrice et à distance	Obligatoire
Disposer d'un soutien organisationnel facile (des ressources, formation et gestion) et peu coûteux	Souhaitable
Exigences de l'utilisateur	
Donner des informations adaptées aux utilisateurs (architectes, concepteurs et ingénieurs)	Souhaitable
Utiliser un langage simple et clair	Souhaitable

Permettre une utilisation par une diversité d'utilisateurs, pour des conceptions de caractéristiques différentes avec des concepteurs ayant des expériences différentes	Obligatoire
Conditions d'utilisation	
Pouvoir mémoriser et utiliser facilement des concepts et principes qui constituent la base de l'outil	Obligatoire
Présenter les résultats visuels d'une manière claire et objective qui contribue à l'élaboration de concepts et de premières alternatives de projet	Obligatoire
Disposer d'une sécurité concernant l'utilisation et le stockage des données	Obligatoire
Rendre les résultats générés faciles à mémoriser et à apprendre	Obligatoire

Source : développé par l'auteur sur la base du modèle d'exigences pour les produits interactifs et centrés sur l'utilisateur. Preece, Rogers e Sharp (2005) ; ISO 9241-210 (2011).

5.3 STRUCTURATION DE L'OUTIL

La matérialisation de l'outil a commencé sur la base des résultats obtenus dans les parcours théorique et empirique de la recherche qui ont contribué à la formation des exigences. À cette fin, les premières études ont été réalisées à l'aide de prototypes basse fidélité au moyen de storyboards, croquis sur papier et collages (Figure 33). Les activités se sont déroulées au premier semestre 2019 et ont bénéficié de la participation volontaire d'un ingénieur informaticien de l'équipe « développement logiciel » du laboratoire G-SCOP.



Figure 33. Développement de l'outil – études avec les premiers prototypes basse fidélité.
Source : préparé par l'auteur.

L'objectif principal était de décider rapidement et à moindre coût des principales caractéristiques de fonctionnement de l'outil, en fonction des exigences. Ainsi, il a été possible de définir les principales étapes de son fonctionnement, en intégrant des prévisions sur les informations contenues, les transitions ou encore les tâches et leur déroulement, pour déboucher sur des discussions concernant la plate-forme numérique la plus appropriée, le

langage de programmation à utiliser, etc. Grâce à la conclusion de cette étape, il a été possible d'entamer le développement du premier prototype haute-fidélité, présenté ci-dessous.

5.3.1 PROTOTYPE DE HAUTE-FIDELITE

À partir des travaux très concrets effectués pour l'élaboration des prototypes de basse fidélité, il a été possible d'avancer dans la structuration du prototype de haute-fidélité, dont les principaux développements ont eu lieu au Brésil. Pour cela, deux volontaires de formations distinctes, Analyse en Génie Informatique pour l'une et Génie Informatique pour l'autre, ont collaboré à la définition de la plate-forme numérique et du langage de programmation. Ils ont également travaillé au développement d'algorithmes pour le fonctionnement de la partie numérique de l'outil.

Ce travail a conduit au choix de la plateforme intitulée SaaS (Software as a Service) de cloud computing, dispensant d'installer le logiciel sur les ordinateurs locaux. Le langage de programmation utilisé est Java et Javascript, avec un modèle architectural de micro-services, qui permet une intégration aisée avec d'autres types de logiciels indépendamment du langage ou de la forme de construction, ainsi que la migration vers d'autres fournisseurs de cloud computing si nécessaire.

L'utilisation de la **première version** du prototype haute-fidélité de l'outil passe par la réalisation systématique de sept étapes :

- **Etape A** : créer et sauvegarder le projet,
- **Etape B** : renseigner les informations concernant le projet,
- **Etape C** : indiquer les caractéristiques du contexte, de l'utilisateur et de l'activité à laquelle le produit en développement est destiné,
- **Etape D** : réaliser les combinaisons binaires des 5 concepts de Systèmes Sensoriels avec les 5 principes basés sur l'Utilisabilité (JORDAN, 1988) et la CU (CUD, 1997),
- **Etape E** : pour chaque combinaison, renseigner les caractéristiques des concepts et des principes liés au projet,
- **Etape F** : pour chaque combinaison, renseigner, par des phrases et/ou des mots significatifs, les fonctions du produit : Pratique, Esthétique et Symbolique (LÖBACH, 2001),
- Enfin, une étape supplémentaire (**étape G**) concerne la possibilité d'imprimer les panneaux visuels, au format désiré, pour aider les concepteurs dans les phases de discussion et de structuration des concepts et des premières alternatives de solutions. Il leur est ainsi possible de sélectionner, de manière collaborative, des images relatives aux informations insérées dans l'outil.

5.3.2 NOM DE L'OUTIL

Un nom a également été choisi pour cet outil : TROIS. Trois raisons différentes soutiennent cette proposition :

- Trois thèmes sont à la base de sa réflexion : les systèmes sensoriels, l'utilisabilité et la conception universelle.
- Trois domaines de connaissances sont impliqués dans sa conception : l'Architecture, le Design Industriel et l'Ingénierie des Produits.
- Trois personnes sont responsables de son développement, le chercheur-doctorant, sa co-directrice de thèse et son co-directeur de thèse.

5.4. TESTS ET AJUSTEMENTS

5.4.1. TEST DE CLARTE

Les tests effectués avec l'outil ont commencé par des tests de clarté qui ont été réalisés tout au long du développement du prototype haute-fidélité. Ils ont été réalisés avec les deux mêmes ingénieurs collaborateurs qui ont volontairement participé au développement de l'outil. Les principaux ajustements adoptés après ces tests ont été :

- Définition de l'arrière-plan des écrans dans un ton clair ;
- Redéfinition de la disposition de l'écran d'accueil pour le rendre plus simple et plus direct ;
- Insertion de feedbacks de localisation des étapes dans tous les écrans ;
- Insertion d'une ressource contenant des informations sur les concepts et les principes.

5.4.2. TEST PILOTE

Le test pilote vise à vérifier l'efficacité des ressources utilisées pour la collecte de données et le fonctionnement de l'outil sur la plate-forme numérique adoptée. Les activités se sont déroulées au cours du deuxième semestre 2019 dans le cadre du cours intitulé Qualité et évaluation de l'environnement bâti à l'échelle du bâtiment – Module 2 – Méthodologies et outils pour l'assistance à la CCU, du Programme d'études de *deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme (PPGAU)*, à l'UFPB (Figure 34). Des activités pédagogiques prévues dans le calendrier de la discipline ont été réalisées avant la proposition du test pilote de l'outil.

En préambule au test, trois étapes de préparation ont été effectuées :

1. **Approximation avec une méthode de CCU** : la présentation de la méthode de conception GODP (MERINO, 2014), le 03/10/2019. L'objectif principal était de présenter la méthode adoptée pour mener à bien les conceptions développées pendant le cours.
2. **Définition des équipes, du scénario et du thème du projet fictif** : formalisation des équipes, du scénario (Campus-1 de l'Université Fédérale de Paraíba/Brésil) et du projet de conception fictif (développement d'un espace de stationnement pour cycles à destination des étudiants, du personnel et du public visiteur de l'UFPB). Cette étape a eu lieu le 10/10/2019.

3. **Collecte de données et présentation des panneaux de synthèse sur le thème des projets** : présentation du matériel collecté par chacun des groupes, qui constitue les étapes préalables à l'idéation (étape 3: création) de la méthode GODP. Réalisée le 17/10/2019.



Figure 34. Collecte et organisation des données du projet de conception (fictif) qui a précédé le test pilote.
Source : préparé par l'auteur.

PROFIL DES PARTICIPANTS

Sept étudiants inscrits au cours Qualité et évaluation de l'environnement bâti à l'échelle du bâtiment – Module 2 – Méthodologies et outils pour l'assistance à la CCU ont participé au test pilote, comme présenté ci-dessous (Tableau 12).

Tableau 12. Profil des participants au cours de CCU 2018/01 PPGAU/UFPB.

Étudiant	Âge (années)	Sexe	Formation	Niveau/Cours
1	28	M	Architecture et Urbanisme	2 ^e cycle
2	29	F	Architecture et Urbanisme	3 ^e cycle
3	28	F	Architecture et Urbanisme	3 ^e cycle
4	29	M	Architecture et Urbanisme	3 ^e cycle
5	25	F	Architecture et Urbanisme	2 ^e cycle
6	28	M	Architecture et Urbanisme	2 ^e cycle
7	29	F	Conception de produits	3 ^e cycle

Source : préparé par l'auteur.

Le test pilote a été réalisé le 24/10/2019 dans les installations du LACESSE – Laboratoire d'Accessibilité de l'UFPB. Les conditions dans lesquelles le test pilote a été réalisé étaient les suivantes : une table de réunion rectangulaire avec huit chaises, une télévision, une imprimante, un tableau pour la fixation des panneaux et l'accès internet/wifi (Figure 35). Il a commencé à 14h00 avec la présentation du matériel collecté déjà présenté lors de l'activité

du 17/10/2019 et avec (1) l'explication de la manière dont le test pilote serait menée sur la base des données collectées, (2) la remise des mots de passe pour accéder à l'outil et (3) une mini formation sur la navigation à travers les écrans/étapes de l'outil.



Figure 35. Environnement du test pilote au LACESSE.
Source : préparé par l'auteur.

L'outil a ensuite été utilisé pour générer des alternatives et des concepts initiaux basés sur les données recueillies à partir du projet fictif proposé pendant le cours. À cette fin, les équipes ont été guidées pour suivre toutes les étapes de l'outil :

- **Étape A** : créer et sauvegarder le projet : les équipes ont commencé par l'enregistrement du projet/mot de passe.
- **Étape B** : renseigner les informations : sur la base des données précédemment recueillies en rapport avec le projet fictif, les données qui caractérisent le projet ont été insérées : nom, équipe, texte de synthèse décrivant le projet.
- **Étape C** : indiquer les caractéristiques du contexte, de l'utilisateur et de l'activité: les équipes ont rempli la caractérisation du contexte, de l'utilisateur et de l'activité liés au projet en cours de développement en fonction des concepts et des principes relatifs à chaque combinaison.
- **Étape D** : réaliser les combinaisons binaires : les équipes ont commencé à sélectionner les combinaisons des concepts de Systèmes Sensoriels avec les principes d'Utilisabilité + CU.
- **Étape E** : renseigner les caractéristiques des concepts et des principes liés au projet : les équipes ont formulé des recommandations à appliquer aux projets, en tenant compte des concepts et des principes sélectionnés.
- **Étape F** : renseigner les fonctions du produit : sur la base des informations saisies lors des étapes précédentes et pour chaque combinaison réalisée, les équipes caractérisent les fonctions (Pratique, Esthétique et Symbolique) du produit en cours de développement.
- **Étape G** : imprimer les panneaux visuels : les équipes ont composé une synthèse d'images liées à chaque combinaison de concepts et de principes sélectionnés et ont fait

l'impression des panneaux visuels pour soutenir la phase créative liée au développement des concepts et des alternatives initiales du produit.

À la fin du test pilote, les clauses du TCLE/FCLE (Appendice F) ont été expliquées à chaque participant et les signatures respectives ont été demandées. Le questionnaire D (Appendice E) a ensuite été remis et les participants y ont répondu individuellement. Aucun délai n'a été prévu pour son remplissage. La présentation et la discussion finale sur les résultats des tests ont eu lieu le 31/10/2019 lors de la séance de clôture du cours (Figure 36).

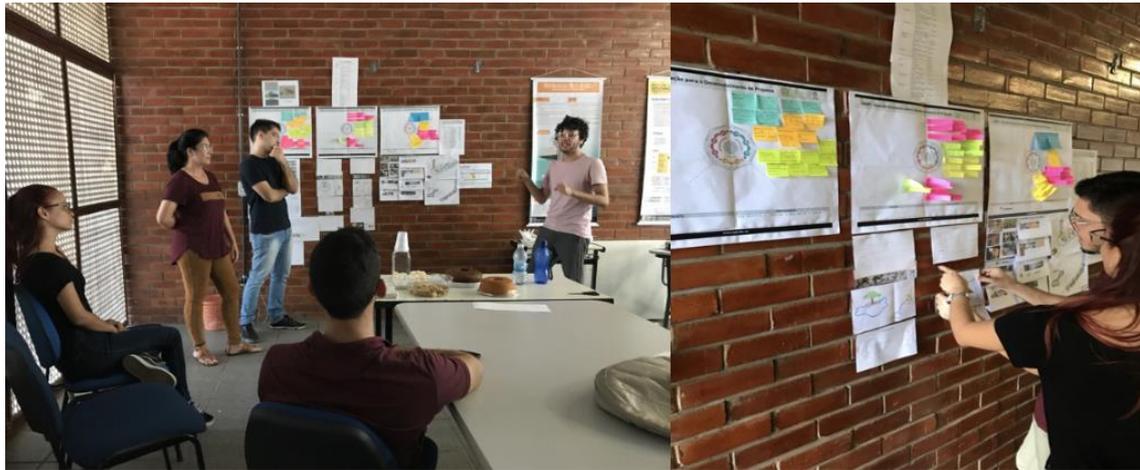


Figure 36. Présentation des résultats du test pilote.

Source : préparé par l'auteur.

Ainsi, à partir des observations et des notes faites par le doctorant lors du test pilote, ainsi que du résultat du questionnaire D, les principales demandes d'améliorations à mettre en œuvre dans l'outil ont été énumérées.

- **Clarté et facilité de compréhension des écrans pendant l'utilisation de l'outil** : rendre la navigation entre les combinaisons plus simple et plus claire, ajouter des dispositifs de feed-back pendant l'exécution des étapes, réduire le nombre d'écrans.
- **Informations organisées dans l'outil** : mettre plus d'informations sur les combinaisons, laisser de façon plus interactive les informations des concepts et principes utilisés pour les combinaisons, améliorer les descriptions des étapes, fournir un tutoriel dans l'outil, expliquer les concepts avant de les sélectionner.
- **Informations insérées** : établir des liens entre les informations insérées et les résultats reçus, réduire le nombre d'écrans, résoudre l'instabilité de la plate-forme numérique.
- **Informations générées** : améliorer la distribution des informations dans le panneau visuel, améliorer la proportion des images dans le panneau visuel, informer du nombre de combinaisons effectuées, générer des mots clés des données saisies, générer un rapport commun pour une vue totale des informations, fournir des informations plus directes (des « aperçus » des données pour le concepteur).

Sur la base des ajustements effectués à partir des tests de clarté et du test pilote, la deuxième version du prototype haute-fidélité de l'outil a été développée. Son utilisation systématique est détaillée ci-dessous.

5.5. PRESENTATION DE L'OUTIL TROIS (PROTOTYPE FINAL HAUTE-FIDELITE)

Le prototype final haute-fidélité, utilisé dans le test final, utilise la même plate-forme numérique que la première version du prototype utilisé dans le test pilote. Dans le prototype final, le nombre d'étapes est passé de 7 (sept) à 5 (cinq). L'utilisation systématique de l'outil a conservé la possibilité de choisir des combinaisons binaires des concepts de Systèmes Sensoriels avec des principes basés sur l'Utilisabilité et la CU, chaque participant au test pouvant donc réaliser jusqu'à vingt-cinq combinaisons associées aux fonctions Pratiques, Esthétiques et Symboliques des produits/service.

Lors d'une utilisation synchrone et à distance de l'outil, les concepteurs peuvent insérer simultanément des phrases et/ou des mots significatifs, résultant de la consultation et de l'interprétation des concepts de chaque combinaison choisie. Grâce à des algorithmes, ils sont transformés en un seul nuage de mots, répondant aux critères d'importance basés sur la répétition. Les termes les plus récurrents étant représentés par une taille de police plus importante.

Le nuage de mots est renforcé par des images, provenant de banques d'images et/ou créées par des concepteurs, qui constituent des panneaux visuels, fournissant des informations facilement et rapidement absorbées. De cette manière, avec la possibilité d'imprimer les panneaux visuels dans des formats A4, A3, A2 et A1, l'outil peut aider les concepteurs dans la discussion collaborative et la structuration de concepts et d'alternatives initiales de conceptions. Voici plus précisément ci-dessous, les étapes qui composent l'outil avec son contenu, sa structure et son utilisation systématique.

ÉTAPE A | ACCES ET ENREGISTREMENT DE L'UTILISATEUR

Écran destiné à l'enregistrement du projet dans la plate-forme numérique SaaS (Figure 37).

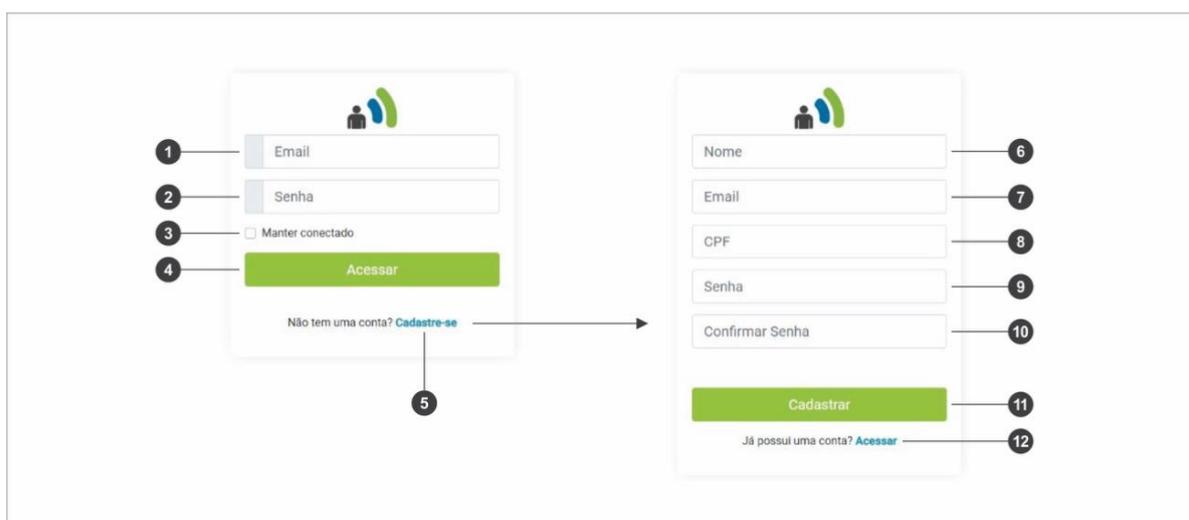


Figure 37. Ecran correspondant à l'Étape A
Source : préparé par l'auteur.

- 1 - **E-mail** : espace pour entrer l'adresse e-mail de l'utilisateur.
- 2 - **Mot de passe** : espace pour le mot de passe de l'utilisateur.
- 3 - **Rester connecté** : espace destiné à rester connecté au système.
- 4 - **Accès** : bouton pour accéder à l'outil.
- 5 - **Enregistrement** : champ permettant d'accéder à l'enregistrement de l'utilisateur.
- 6 - **Nom** : espace pour entrer le nom de l'utilisateur.
- 7 - **E-mail** : enregistrement de l'adresse e-mail de l'utilisateur.
- 8 - **CPF** : enregistrement du CPF de l'utilisateur (identifiant personnel national au Brésil).
- 9 - **Mot de passe** : espace pour l'enregistrement du mot de passe.
- 10 - **Confirmation du mot de passe** : confirmation du mot de passe.
- 11 - **Enregistrement** : bouton de confirmation de l'enregistrement.
- 12 - **Accès** : bouton pour rechercher (accéder) un compte déjà enregistré.

ÉTAPE B | ENREGISTREMENT DU PROJET

Ecran dédié à l'enregistrement du projet (Figure 38).



Figure 38. Ecran correspondant à l'Étape B
Source : préparé par l'auteur.

- 13 - **Rechercher un projet** : espace pour insérer le nom du projet déjà enregistré et effectuer une recherche.
- 14 - **Enregistrer un projet** : espace pour enregistrer de nouveaux projets.
- 15 - **Choisir la langue** : espace pour la sélection de la langue (portugais ou anglais).

16 - **Accéder au tutoriel de l'outil** : espace d'accès au tutoriel de l'outil qui est composé d'une introduction suivie de la description de l'utilisation de toutes les étapes.

17 - **Quitter l'outil** : bouton pour quitter l'outil.

ÉTAPE C | INFORMATIONS SUR LE PROJET

Ecran consacré à l'enregistrement des informations de base du projet (Figure 39).

The screenshot displays a web interface for project information. At the top, a green header contains 'Nome do Projeto' on the left and a progress indicator on the right with tabs for 'Etapa B', 'Etapa C', 'Etapa D', and 'Etapa E'. 'Etapa C' is currently selected and highlighted in blue. Below the header, the main content area is titled 'Etapa C | Informações do Projeto'. It features five input fields, each preceded by a numbered callout: 19 for 'Nome do Projeto', 20 for 'Equipe do Projeto', 21 for 'Utilizador', 22 for 'Contexto', and 23 for 'Atividades'. At the bottom of the form, there are two green buttons: 'Avançar' (24) and 'Voltar' (25). A callout '18' points to the progress bar area.

Figure 39. Ecran correspondant à l'Étape C
Source : préparé par l'auteur.

18 - **Visualiser l'étape actuelle/avancer ou revenir en arrière dans les étapes** : champ de visualisation de l'étape dans laquelle se trouve l'utilisateur (l'étape courante sera surlignée en bleu), avancer ou revenir en arrière dans les étapes (il suffit de cliquer sur l'étape souhaitée).

19 - **Nom du projet** : espace pour le nom du projet.

20 - **Equipe de projet** : espace pour l'inscription des participants de l'équipe chargée de développer le projet.

21 - **Utilisateur** : espace pour la description de l'utilisateur ou des groupes d'utilisateurs desservis par le projet.

22 - **Contexte** : espace pour décrire le contexte dans lequel le projet est inséré.

23 - **Activités** : espace pour décrire les activités prévues par le projet.

24 - **Avancer** : bouton pour finaliser les informations initiales du projet et pour permettre de passer à l'étape suivante.

25 - **Retour à la page d'accueil** : bouton permettant de revenir à la page d'accueil de l'outil, si nécessaire.

ÉTAPE D | COMBINAISONS DE CONCEPTS

Cœur de l'outil où l'utilisateur, à travers une interface représentée par des cercles circonscrits contenant les concepts de Systèmes Sensoriels (cercle bleu) et les principes combinés d'Utilisabilité et de CU (cercle vert), a la possibilité de

sélectionner 25 combinaisons binaires qui guident les actions ultérieures proposées dans l'outil TROIS (Figure 40).

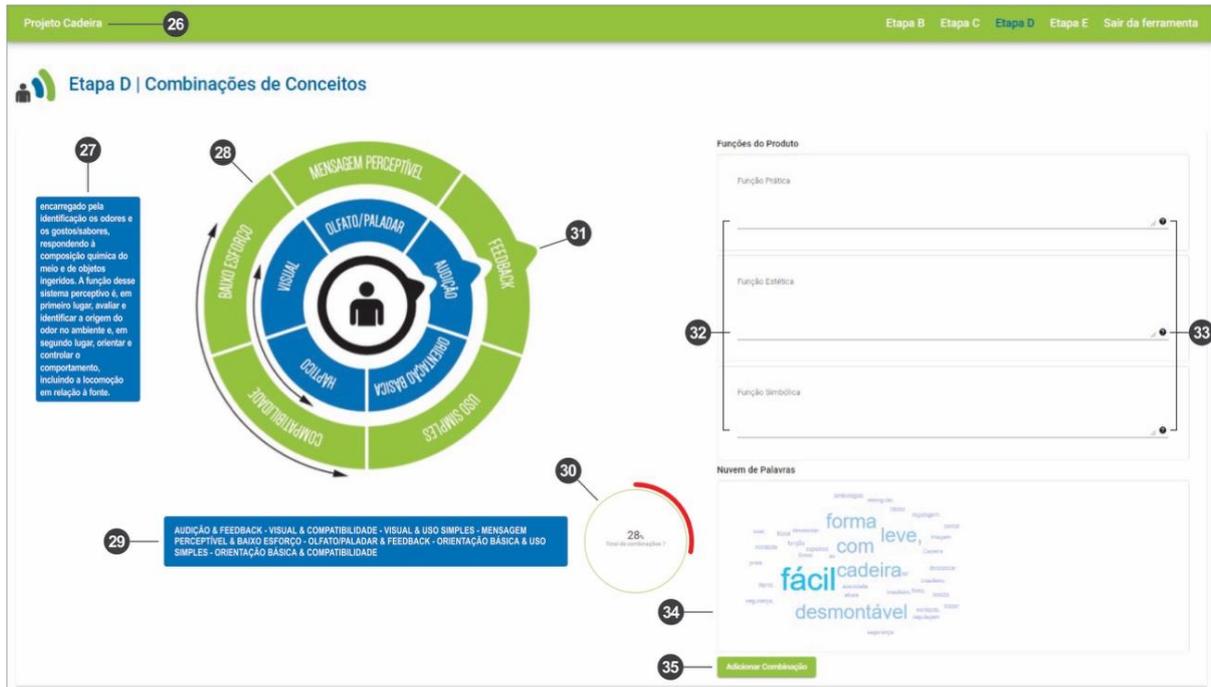


Figure 40. Ecran correspondant à l'Étape D
Source : préparé par l'auteur.

26 - **Identification du projet** : visualisation du nom du projet.

27 - **Consulter les concepts et principes** : ressource pour aider à choisir les combinaisons de concepts (cercle bleu) et de principes (cercle vert) – positionner le curseur sur le concept/principe et une fenêtre apparaîtra avec la définition du concept/principe.

28 - **Sélectionner le concept** (Système Sensoriel) et le principe (Utilisabilité + CU) : ressource destinée à réaliser les combinaisons des concepts de Systèmes Sensoriels avec les combinaisons des principes d'Utilisabilité + de CU (cliquer avec le curseur sur le nom du concept et/ou du principe que vous voulez utiliser dans votre combinaison).

29 - **Consulter les combinaisons déjà faites** : ressource pour consulter les combinaisons de concepts et de principes déjà faites – positionner le curseur sur les cercles et une fenêtre apparaîtra avec ces informations.

30 - **Progression des combinaisons** : suivez le pourcentage de combinaisons effectuées.

31 - **Vérifier votre choix** : ressource destinée à vérifier les concepts et principes sélectionnés. Une fois le principe ou le concept sélectionné dans le but de définir votre combinaison, il se positionne selon cette orientation.

32 - **Insérer des phrases et/ou des mots faisant référence aux fonctions du produit** : espace pour insérer des phrases et/ou des mots, liés aux combinaisons de concepts et de principes sélectionnés et pour les fonctions pratiques, esthétiques et symboliques du produit en cours de développement.

33 - **Consulter les concepts des fonctions** : ressource pour consulter les concepts des fonctions des produits : pratique, esthétique et symbolique (cliquez avec le curseur sur l'icône).

34 - **Visualiser le nuage de mots** : fonction permettant de visualiser le nuage de mots résultant des données saisies (dans les champs libre 32) en fonction de la sélection des concepts et principes choisie.

35 - **Ajouter combinaison** : bouton pour confirmer les combinaisons effectuées.

ÉTAPE E | PANNEAU VISUEL

Panneau visuel de visualisation rapide et de compréhension des significations du raisonnement de conception (Figure 41).



Figure 41. Ecran correspondant à l'Étape E
Source : préparé par l'auteur.

36 - **Vérifier le nuage de mots** : espace pour visualiser le nuage de mots formé pour guider la composition du panneau visuel.

37 - **Cliquer pour télécharger/ajouter des images** : bouton pour télécharger/ajouter des images.

38 - **Organiser les images** : espace pour organiser les images choisies/créées.

39 - **Imprimante** : possibilité de choisir la taille du papier et d'imprimer le panneau visuel.

5.6 CONCLUSION

Le développement de l'outil a commencé par la formation de sa base conceptuelle qui a défini de manière satisfaisante, au fil du parcours empirique, les caractéristiques que l'outil devrait assumer. Il convient de noter que pour cette thèse, l'expression « base conceptuelle » est alignée sur ce que Norman (2013, p.25) définit comme un « modèle conceptuel » qui est

une « explication généralement très simplifiée du fonctionnement de quelque chose. Il n'a pas besoin d'être complet ou précis, tant qu'il est utile ».

Par le biais du parcours empirique de la recherche, qui s'est déroulé dans trois contextes et auquel ont participé 35 utilisateurs au total, il a été possible de conclure les exigences de l'outil.

Avec les résultats obtenus au cours du parcours empirique de cette recherche, les premières études ont été menées aboutissant à la construction d'un prototype basse-fidélité. Cette étape a permis de définir les principales caractéristiques du prototype haute-fidélité, basé sur l'utilisation d'une plate-forme numérique.

Grâce au test de clarté et au test pilote, la conformité aux exigences de l'outil a été vérifiée. Ensuite, les ajustements nécessaires ont été apportés à l'outil pour la conception de la version finale de son prototype haute-fidélité.

À la fin du développement de l'outil, matérialisé par la dernière version de son prototype haute-fidélité, aura lieu son évaluation et son analyse, présentées dans le chapitre suivant.

6. EVALUATION DE L'OUTIL « TROIS »

Dans ce chapitre, une évaluation de l'outil haute-fidélité développé précédemment est effectuée. Au début de ce chapitre, une méthode de collecte de donnée qui suit un protocole expérimental de 6 étapes est présentée. Ce protocole sera suivi par un panel de 18 experts, dont les caractéristiques individuelles de formations et d'expertises seront détaillées. Suite à la manipulation de l'outil proposé lors de projet de conception fictif en groupe, un questionnaire sera proposé aux experts. L'analyse des réponses permettra d'extraire les points forts de la proposition et également de pointer du doigt quelques lacunes.

6.1. COLLECTE DES DONNEES

La collecte des données a été effectuée grâce à la sélection d'un panel d'experts volontaires à caractère multidisciplinaire, composé de 18 (dix-huit) participants, regroupés en deux paires, une équipe de trois membres, une équipe de quatre membres et une équipe de sept membres.

Afin de réaliser les activités, les participants ont reçu au préalable un formulaire définissant les concepts et principes servant de base à l'utilisation de l'outil (Appendice G), conjointement avec la proposition d'une situation de conception fictive (Appendice H). Le temps total prévu pour chaque session était de 1h50min (une heure cinquante minutes). Par conséquent, le protocole expérimental, contenant la description des tâches et le temps prévu pour réaliser activité, comprend les étapes suivantes :

- **ÉTAPE 1** : présentation de la recherche et lecture/signature du FCLE/TCLE (durée estimée de l'activité – 10 min).
- **ÉTAPE 2** : présentation de la problématique du projet et du contexte de la proposition de conception fictive avec les données de base (durée estimée de l'activité – 10 min).
- **ÉTAPE 3** : lecture du tutoriel de l'outil (Appendice I) (durée estimée de l'activité – 20 min).
- **ÉTAPE 4** : inscription et enregistrement de chaque utilisateur et de l'équipe sur la plateforme numérique de l'outil, et présentation des étapes qui structurent l'outil (durée estimée de l'activité – 20 min).
- **ÉTAPE 5** : utilisation de l'outil en équipe (durée estimée de l'activité – 30 min).
- **ÉTAPE 6** : remplissage du questionnaire pour évaluer l'outil de conception (durée estimée de l'activité – 20 min).

Les sessions avec les équipes ont eu lieu entre le 18 mai et le 1er juin 2020. Les sessions se sont déroulées à distance en utilisant le software Skype comme moyen de communication audio et vidéo entre les membres des équipes participantes et le doctorant. L'outil a été consulté et utilisé simultanément par les participants de chaque équipe pendant la session, par le biais de sa plateforme numérique SaaS, comme le montre la Figure 42.

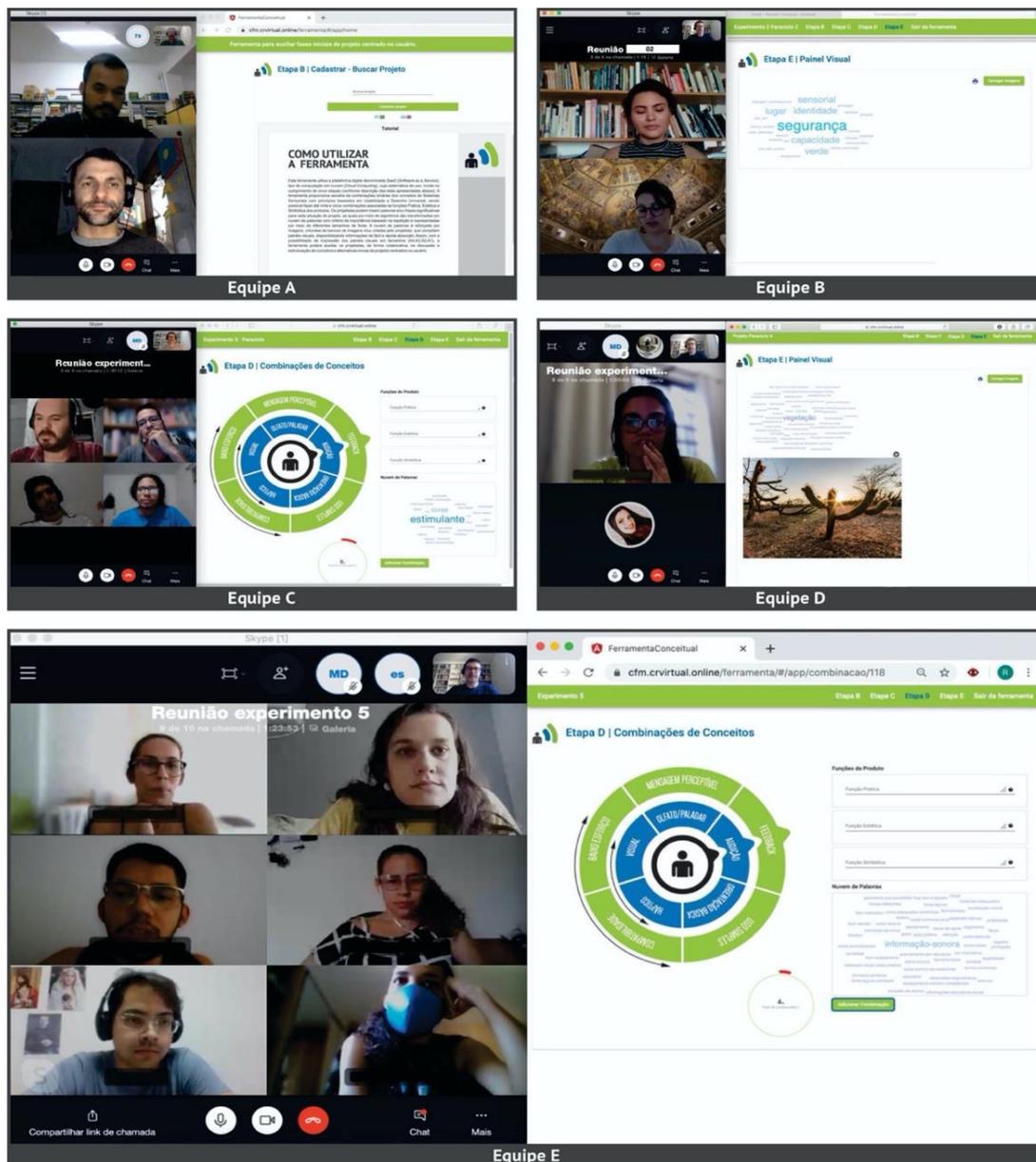


Figure 42. Copies d'écran de séances d'utilisation de l'outil avec le panel d'experts.
 Source : préparé par l'auteur.

À la fin de chaque session, chacun de ces groupes était invité à générer son panneau visuel (l'Étape E de l'utilisation de l'outil) et à transmettre au doctorant les fichiers créés au format pdf, comme le montre la Figure 43.

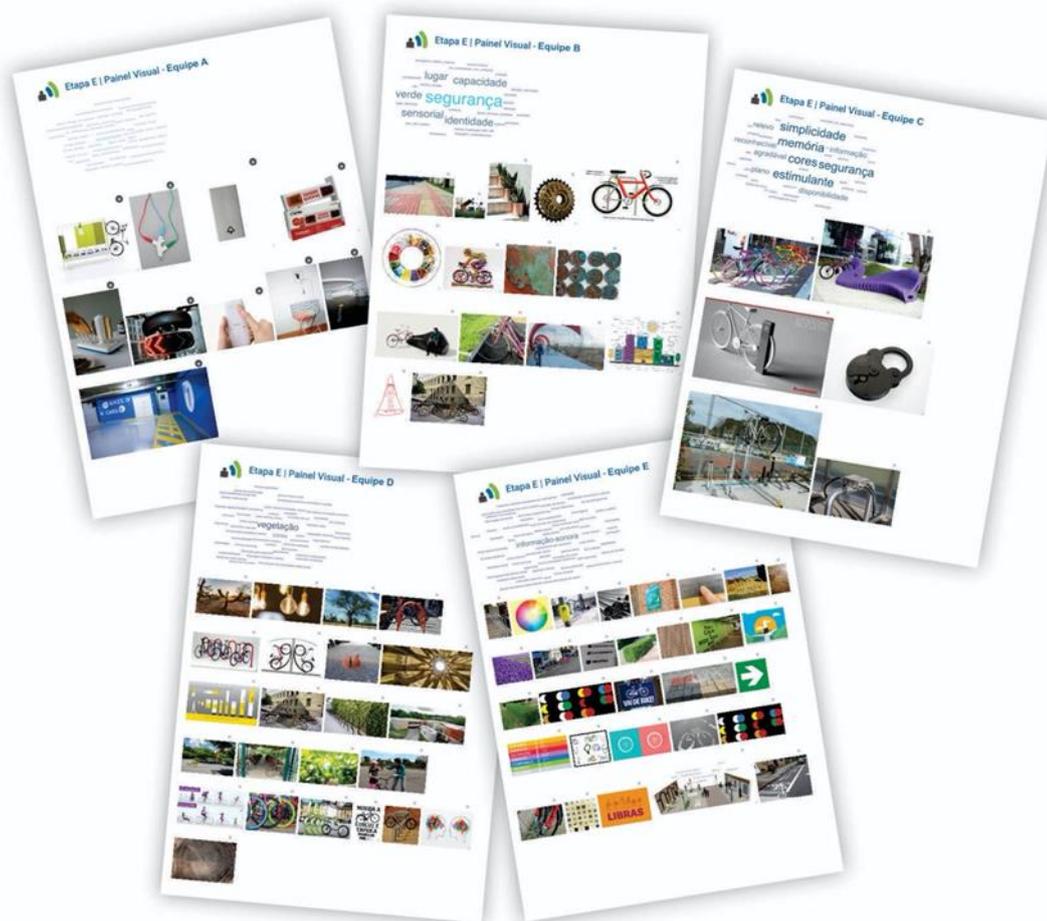


Figure 43. Panneaux visuels générés par les équipes d'experts.
Source : préparé par l'auteur.

6.2. ANALYSE DES DONNEES

Dans cette section, la présentation des résultats suit la structure du questionnaire qui a été proposé aux participants. Ainsi, les données sur le profil des participants seront tout d'abord présentées ci-dessous, en apportant un regard attentif aux expériences de chaque participant en relation avec le développement de projets. Dans un second temps, leurs perceptions relatives à l'utilisation de l'outil seront analysées et enfin les réponses aux questions ouvertes seront présentées.

6.2.1 PROFILS DES PARTICIPANTS

Les participants ont été sélectionnés de manière à réunir une diversité d'experts ayant des intérêts spécifiques sur le sujet. L'objectif était de proposer des équipes interdisciplinaires jugées capables de traiter les questions liées à l'objectif de la recherche. Le tableau ci-dessous regroupe les profils du panel d'experts sélectionné pour l'évaluation de notre outil (Tableau 13).

Tableau 13. Profils des participants – panel d'experts.

Équipe A - date de l'expérience : 18/05/2020 - durée : 01:55h				
Numéro du Participant	Âge	Sexe	Expérience en développement des projets	Formation
1	29	M	Participation à des projets d'Architecture en tant qu'étudiant de deuxième et troisième cycles et professionnel/marché. Des projets de conception en tant qu'étudiant de premier cycle, deuxième et troisième cycles et professionnel/marché. Projet d'ingénierie en tant qu'étudiant de deuxième et troisième cycles et professionnel/marché. Durée totale de l'expérience : 4 ans	Licence : Conception de Produit/UFCEG ²² /Brésil Diplôme de deuxième et troisième cycles : Master : Science et technologie dans le domaine de la santé/UEPB ²³ /Brésil Étudiant en doctorat : Conception/UFSC ²⁴ /Brésil
2	39	M	Des projets de Conception en tant qu'étudiant de premier cycle, de deuxième et troisième cycles et professionnel/marché. Durée totale : 25 ans	Licence : Conception/UFN ²⁵ /Brésil Diplôme de deuxième et troisième cycles : Master : Ingénierie de la production/UFSM ²⁶ Étudiant en doctorat : Conception/UFSC/Brésil
Équipe B - date de l'expérience : 22/05/2020 - durée : 01:50h				
Participant	Âge	Sexe	Expérience des projets	Formation
3	33	F	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiante de premier cycle, de deuxième et troisième cycles et professionnelle/marché. Des projets de Conception en tant qu'étudiante de deuxième et troisième cycles. Durée totale : 18 ans	Licence : Architecture et Urbanisme/UFRN ²⁷ /Brésil Diplôme de deuxième et troisième cycles : Master : Conception/UFPE ²⁸ /Brésil Étudiante en doctorat : Architecture et Urbanisme/UFSC/Brésil
4	41	F	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiante de premier cycle, de deuxième et troisième cycles et professionnelle/marché. Projet d'ingénierie en tant qu'étudiante de premier cycle et professionnelle/marché. Durée totale : 3 ans	Licence : Architecture et Urbanisme/UEMAT ²⁹ /Brésil Diplôme de deuxième et troisième cycles : Master : Géographie ³⁰ /UFMT/Brésil

²² Université fédérale de Campina Grande.

²³ Université d'État de Paraíba.

²⁴ Université fédérale de Santa Catarina.

²⁵ Université Franciscana.

²⁶ Université fédérale de Santa Maria.

²⁷ Université fédérale de Rio Grande do Norte.

²⁸ Université fédérale de Pernambuco

²⁹ Université d'État du Mato Grosso.

³⁰ Université fédérale du Mato Grosso.

				Étudiante en doctorat : Architecture et Urbanisme/Université de Lisbonne/Portugal
Équipe C - date de l'expérience : 25/05/2020 - durée : 01:58h				
Participant	Âge	Sexe	Expérience des projets	Formation
5	44	M	Des projets d'Architecture professionnel/marché. Des projets de Conception en tant que professionnel/consultant/marché. Projet d'ingénierie en tant que consultant/marché. Durée totale : 22 ans	Licence : Architecture et Urbanisme/UFSC/Brésil Diplôme de deuxième et troisième cycles : Master : Ingénierie de la production/UFSC/Brésil PhD : Architecture et Urbanisme/Texas A&M University System/États-Unis
6	37	M	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiant de deuxième cycle. Projet de Conception en tant qu'étudiant de premier cycle et professionnel/marché. Durée totale : 15 ans	Licence: Conception de produit/UFCG/Brésil Diplôme de deuxième cycle : Master : Architecture et Urbanisme/UFPB/Brésil.
7	25	M	Des projets d'ingénierie en tant qu'étudiant de premier cycle. Des projets d'Architecture en tant qu'étudiant de deuxième cycle. Durée totale : 1 an	Licence : Ingénieur en mécanique/UFPB/Brésil Diplôme de deuxième cycle : Master : Ingénierie mécanique /UFPB/Brésil
8	23	M	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiant de premier cycle, de deuxième cycle/collaborateur. Projet d'ingénierie en tant qu'étudiant de premier et deuxième cycles. Durée totale : 3 ans	Licence : Ingénierie mécanique / UFPB/Brésil Diplôme de deuxième cycle : Master : Ingénierie mécanique / UFPB/Brésil
Équipe D - date de l'expérience : 28/05/2020 - durée : 01:54h				
Participant	Âge	Sexe	Expérience des projets	Formation
9	37	F	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiante de premier cycle, de deuxième et troisième cycles. Des projets de Conception en tant qu'étudiante de premier cycle et professionnelle/marché. Durée totale : 10 ans	Licence : Design d'intérieur/IFPB/Brésil Diplôme de deuxième et troisième cycles : Master : Architecture et Urbanisme/UFPB/Brésil Doctorat : Architecture et Urbanisme /UFRN/Brésil
10	26	M	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiant de premier cycle et professionnel/marché. Projet de Conception en tant que professionnel/marché. Durée totale : 9 ans	Licence : Architecture et Urbanisme/UFCG/Brésil Diplôme de deuxième cycle : Étudiant en master : Architecture et Urbanisme/ UFPB/Brésil
11	28	F	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiante de premier cycle et professionnelle/marché. Des projets de Conception en tant que professionnelle/marché. Durée totale : 11 ans	Licence : Architecture et Urbanisme/UFCG/Brésil Diplôme de deuxième cycle : Étudiant en master : Architecture et Urbanisme/UFPB/Brésil

Équipe E - date de l'expérience : 25/05/2020 - durée : 02:03h

Participant	Âge	Sexe	Expérience des projets	Formation
12	31	F	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiante de premier cycle et professionnelle/marché. Projet d'ingénierie en tant que professionnelle/marché. Durée totale : 9 ans	Licence : Architecture et Urbanisme/UFPB/Brésil Diplôme de deuxième cycle : Master : Architecture et Urbanisme/UFPB/Brésil
13	28	M	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiant de deuxième cycle. Projet de Conception en tant qu'étudiant de premier cycle et professionnel/marché. Durée totale : 15 ans	Licence : Architecture et Urbanisme/UFPB/Brésil. Diplôme de deuxième cycle : Étudiant en master : Architecture et Urbanisme/UFPB/Brésil
14	31	F	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiante de premier cycle, de deuxième et troisième cycles et professionnelle/marché. Des projets de Conception en tant qu'étudiante de premier cycle et professionnelle/marché. Durée totale : 12 ans	Licence : Architecture et Urbanisme /UFPB/Brésil Diplôme de deuxième et troisième cycles : Master : Architecture et Urbanisme/UFPB/Brésil Étudiante en doctorat : Architecture et Urbanisme/UFBA/Brésil
15	33	F	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiante de deuxième et troisième cycles et professionnelle/marché. Des projets de Conception en tant qu'étudiante de premier cycle, de deuxième et troisième cycles et professionnelle/marché. Durée totale : 11 ans	Licence : Architecture d'intérieur/IFPB/Brésil Diplôme de deuxième et troisième cycle : Master : Ingénierie de la production/UFRN/Brésil Étudiante en doctorat : Conception/UFPE/Brésil
16	29	M	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiant de premier cycle et professionnel/marché. Des projets de Conception en tant qu'étudiant de premier cycle. Durée totale : 5 ans	Licence : Architecture et Urbanisme /UFPB/Brésil Diplôme de deuxième et troisième cycles : Master : Développement et environnement/UFPB/Brésil Étudiant en doctorat : Architecture et Urbanisme/UFPB/Brésil
17	34	F	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiante de premier cycle, de deuxième et troisième cycles et professionnelle/marché. Des projets de Conception en tant qu'étudiante de premier cycle. Projet d'ingénierie en tant qu'étudiante de premier cycle. Durée totale : 5 ans	Diplôme : Architecture et Urbanisme /UFPB/Brésil Diplôme de deuxième cycle : Master : Architecture et Urbanisme/UFPB/Brésil
18	32	F	Des projets d'Architecture en tant qu'étudiante de premier cycle, de deuxième cycle et en tant que professionnelle/marché. Projet d'ingénierie professionnel/marché Durée totale : 5 ans	Diplôme : Architecture et Urbanisme /UFPB/Brésil Diplôme de deuxième cycle : Master : Architecture et Urbanisme /UFPB/Brésil

Source : préparé par l'auteur.

Le profil des participants visait à réunir une diversité de spécialistes ayant des perspectives spécifiques sur le sujet, mais présentant un caractère collectif comme le propose Pinheiro et. al (2013, p. 185) pour « rapprocher des personnes considérées comme capables de traiter les questions liées à l'objectif de la recherche ». Par conséquent, selon ce critère de sélection des participants, nous avons cherché à regrouper des spécialistes, des chercheurs membres de Groupes de Recherche et de Laboratoires ayant des travaux liés aux domaines de l'Architecture, du Design Industriel et/ou de l'Ingénierie. L'expérience professionnelle acquise dans le cadre de projets dans les domaines ci-dessus a également été prise en compte pour la sélection des participants. Les deux principaux critères pour la création des groupes ont été la durée de l'expérience dans la pratique de conception et la spécialité des participants. Le choix a été de mélanger au maximum les participants sur la base de ces deux critères.

L'invitation aux participants a été formalisée par courrier électronique en raison de la situation de pandémie du Coronavirus/COVID-19. Après acceptation, les participants ont été consultés pour la confirmation des dates de test.

6.2.2 EXPERIENCES DES EXPERTS EN MATIERE DE DEVELOPPEMENT DE PROJETS

En ce qui concerne l'expérience avec des méthodes de CCU, la moitié des participants a répondu affirmativement : ils avaient déjà utilisé des méthodes de CCU (Figure 44). Parmi eux, quatre participants (22 %) ont une formation en Architecture et Urbanisme, trois participants (17 %) ont une formation en Conception de produits et deux participants (11 %) ont une formation en Architecture d'intérieur. Deux participants (11 %) ayant une formation en ingénierie (Ingénierie graphique) et sept participants (39 %) ayant une formation en Architecture et Urbanisme ont répondu qu'ils n'ont jamais utilisé de méthodes centrées sur l'utilisateur.

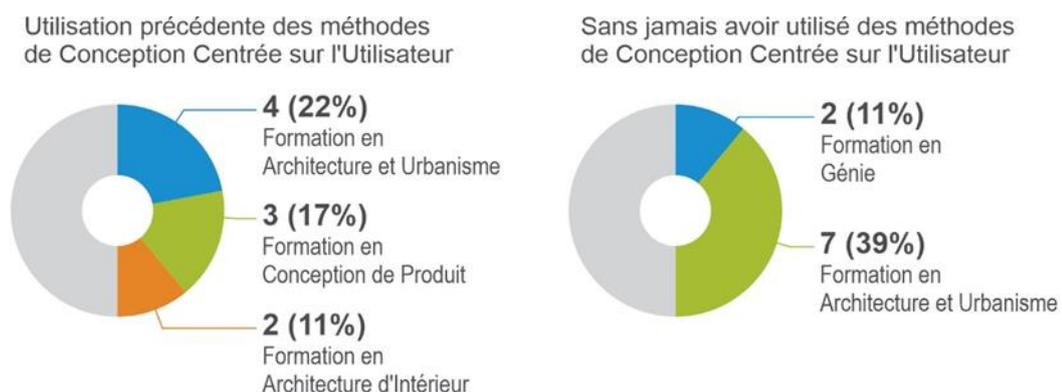


Figure 44. L'expérience avec des méthodes de conception centrées sur l'utilisateur.

Source : préparé par l'auteur.

La question suivante concernait leurs expériences avec les thèmes Systèmes Sensoriels, Utilisabilité et CU (Figure 45). Pris indépendamment, le thème Système Sensoriel n'a reçu aucune réponse positive. Par rapport à l'Utilisabilité, un participant a répondu par

l'affirmative, ce qui correspond à (6 %) des personnes qui ont répondu à la question. Le thème de la CU a réuni cinq participants (28 %).

En analysant les réponses par couple de thèmes, relativement aux Systèmes Sensoriels + Utilisabilité, personne n'a répondu positivement. Pour la combinaison CU + Utilisabilité, six personnes représentant (33 %) du total des participants ont souligné une expérience réalisée. Quatre participants (22 %) ont déclaré avoir eu des activités en lien avec les thèmes Systèmes Sensoriels + Utilisabilité + CU pendant le développement des projets. Enfin, deux représentants (11 %) des participants n'ont pas indiqué d'option.

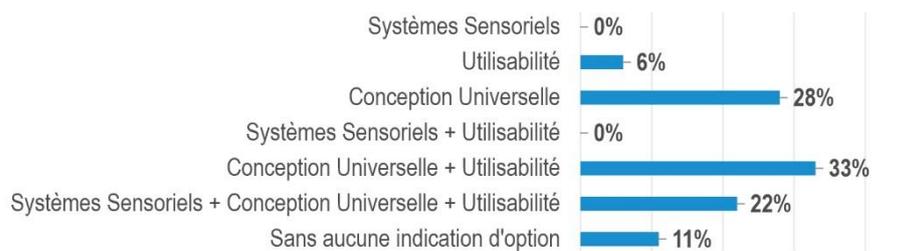


Figure 45. Expérience des experts avec les thèmes Systèmes Sensoriels, Utilisabilité et CU.
Source : préparé par l'auteur.

Concernant l'expérience de l'utilisation de certain(s) outil(s) pour aider à la création de concepts et d'alternatives initiales de conceptions : 12 participants (67 %) ont déclaré en avoir déjà utilisé. Six participants n'ont jamais eu d'expérience, ce qui représente 33 % des participants. La liste des outils indiquée par les experts est visible dans la Figure 46.

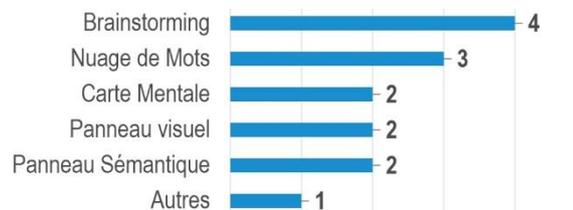


Figure 46. La fréquence des outils cités.
Source : préparé par l'auteur.

Il est possible de remarquer à travers ces réponses, que, malgré les parfois nombreuses années d'expériences en développement de projet, certains de ces experts ne connaissent pas ou ne manipulent pas d'outils d'aide à la création de concepts et d'alternatives initiales de conception. Les réponses sont également mitigées (50/50) en ce qui concerne l'utilisation de méthodes de CCU. Par contre, un nombre relativement conséquent parmi ces experts a déjà eu une expérience avec au moins l'un des trois thèmes considéré dans cette recherche.

6.2.3. PERCEPTION RELATIVE A L'UTILISATION DE L'OUTIL

Maintenant que les experts sont mieux identifiés par rapport à leurs relations aux thèmes utilisés et à leur expérience en développement de projet, les questions relatives à l'utilisation de l'outil peuvent être abordées.

Q 3.1. Le langage utilisé pour exécuter les étapes de l'outil est-il clair et facile à comprendre ?

Relativement à la clarté et la facilité de compréhension du langage utilisé dans l'outil, 14 participants (78 %) ont répondu : oui, le langage est clair et facile à comprendre. Parmi eux, 11 ont ajouté des commentaires. A l'inverse, quatre participants (22 %) ont déclaré que le langage utilisé est partiellement claire et facile à comprendre (Figure 47).

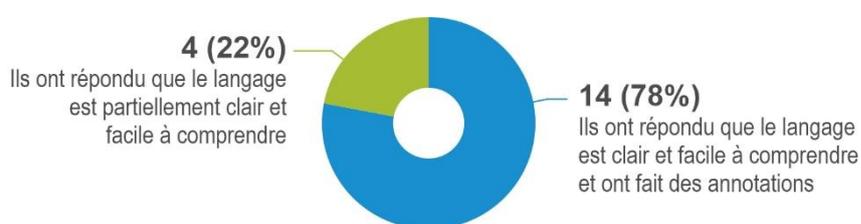


Figure 47. Le langage utilisé dans l'outil est-il facile à comprendre ?

Source : préparé par l'auteur.

Les commentaires effectués par les 11 participants ayant répondu positivement sont les suivants :

- « la communication visuelle est très bonne et l'utilisabilité est simple et intuitive » (5).
- « c'est objectif ».
- « à partir du tutoriel, il est possible de comprendre toutes les possibilités qu'offre l'outil et comment les exécuter » (4).
- « la seule suggestion d'amélioration se trouve peut-être à la dernière page (création du panneau) qui ne contient pas beaucoup d'indications sur la manière de l'utiliser ».

Les quatre autres participants ont donné les raisons suivantes :

- « le langage utilisé dans le logiciel peut être bien compris par les personnes qui ont bien assimilé les concepts utilisés dans l'outil, mais pour les utilisateurs novices qui participent, il peut générer des difficultés » (3).
- « le langage est très intéressant, cependant, le dernier panneau laisse les images très libres, sans liens explicites avec le nuage de mots ».

Q 3.2. La quantité et le type de données nécessaires pour accomplir les étapes de l'outil sont-ils satisfaisants et facilement comprises ?

La question suivante concerne la quantité et le type de données demandés pour accomplir les étapes de l'outil. 13 experts (72 %) ont répondu que les données sont

satisfaisantes et faciles à assimiler, 8 d'entre eux ont ajouté des annotations. 5 participants (28 %) ont choisi l'option « partiellement » (Figure 48).

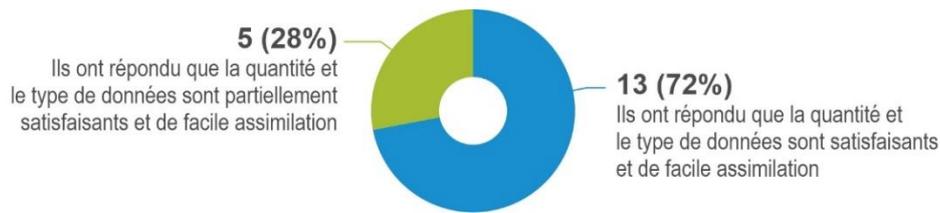


Figure 48. La quantité et le type de données demandés pour accomplir les étapes de l'outil sont-ils satisfaisants ?

Source : préparé par l'auteur.

Les remarques des 8 experts satisfaits sont :

- « il est facile de comprendre les idées à saisir et en plus l'outil ne comporte pas beaucoup d'étapes » (4).
- « des concepts explicatifs déjà déterminés par l'outil et disponibles à la demande par l'utilisateur aide à la création de solution ».
- « les fenêtres qui apparaissent avec les définitions sont très utiles, mais une connaissance préalable du contenu est tout de même nécessaire » (2).
- « le feed-back offert par l'outil est proposé en temps réel, ce qui permet à l'utilisateur de connaître sa progression au cours des étapes ».

Les observations réalisées par les participants qui ont déclaré que l'outil ne répond que partiellement étaient :

- « les concepts eux-mêmes ne sont pas complexes, mais en extrapolant l'utilisation à un grand public, les définitions de la littérature ne sont peut-être pas les moyens les plus efficaces de les présenter » (4).
- « les termes « message perceptible » et « utilisation simple » sont similaires en raison de la façon dont ils sont écrits et m'ont causé une certaine confusion ».

Q 3.3. A votre avis, faut-il un tutoriel plus détaillé pour utiliser l'outil ?

Par rapport à la nécessité d'un tutoriel plus détaillé, 13 participants (72 %) ont répondu que ce n'était pas nécessaire et 9 ont fait des commentaires. Deux autres participants (11 %) ont répondu qu'un tutoriel plus détaillé était nécessaire, mais n'ont pas fait de remarques et trois participants (17 %) ont déclaré que cela était partiellement nécessaire (Figure 49).

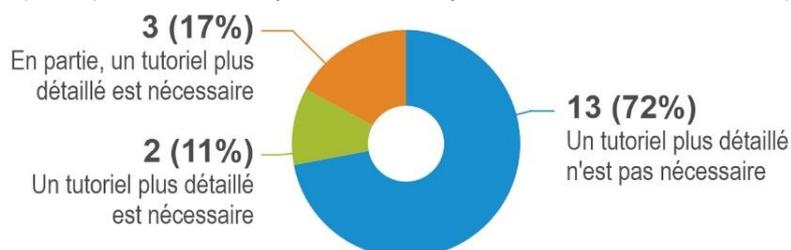


Figure 49. Faut-il un tutoriel plus détaillé ?

Source : préparé par l'auteur.

Les commentaires des 8 experts sont les suivants :

- « je pense qu'on peut même le simplifier (les textes) et le soutenir un peu plus dans l'infographie. L'outil lui-même est déjà intuitif et facile à utiliser » (5).
- « peut-être qu'une vidéo explicative pourrait être mise en place ».
- « seule une utilisation fréquente conduit à une compréhension plus globale »,
- « il serait intéressant de regrouper les informations par similarité d'utilisation ou de thème ».
- « à l'étape du remplissage des idées, l'utilisation n'était pas très intuitive. Bien sûr, après avoir compris, son utilisation est évidente, mais j'ai ressenti un manque d'explication sur la façon de le manipuler, outre l'explication sur la façon dont la base des mots est assemblée ».

Q 3.4. À votre avis, l'outil peut-il être utilisé par des concepteurs ayant différents niveaux d'expérience ?

Concernant l'adéquation de l'outil à une utilisation collaborative par des concepteurs ayant différents niveaux d'expérience, 13 participants (72 %), valident cette proposition et 5 (28 %) ont répondu que ce n'est pas possible (Figure 50).

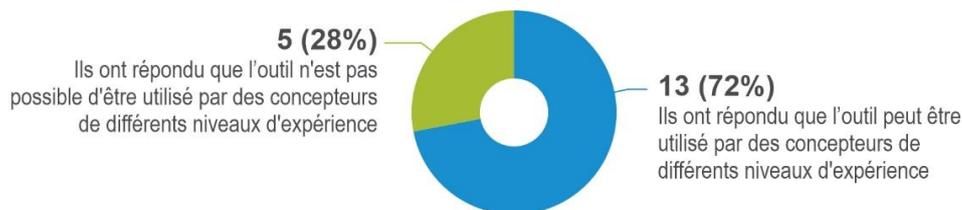


Figure 50. Des concepteurs ayant différents niveaux d'expérience peuvent-ils utiliser cet outil ?
Source : préparé par l'auteur.

Q 3.5. Le format (numérique / internet + papier / panneaux visuels) choisi comme support à l'utilisation de l'outil, stimule la discussion d'idées en équipe ?

Au sujet de la question concernant le format (numérique/internet + papier/panneaux visuels) choisi comme support à l'utilisation de l'outil, 14 participants (78 %) ont répondu positivement et 11 ont fait des remarques en expliquant les raisons. 4 participants (22 %) ont souligné qu'il stimule « partiellement » la discussion en équipe (Figure 51).

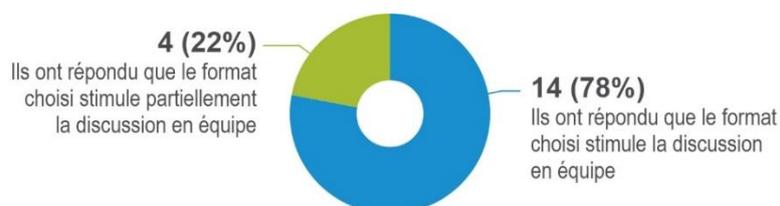


Figure 51. Le format (numérique / Internet + papier / panneaux visuels) stimule-t-il la discussion entre membres d'équipe ?
Source : préparé par l'auteur.

Les remarques des 11 participants sont listées ci-dessous :

- « Beaucoup ! Les points forts sont la mise à jour en temps réel, ce qui permet à l'équipe de faire des ajustements et des corrections » (2).
- « L'impression est fondamentale pour le processus de création » (2).
- « En partie, il ne remplace pas le travail en face-à-face, mais il permet l'interaction entre des personnes qui vivent loin et constitue une excellente option » (2).
- « Les figures portent des concepts, mais réveillent aussi des souvenirs, des abstractions et des sentiments, ce qui peut générer une vision plus globale du problème ».
- « Le support virtuel est très utile pour le travail en équipe et la possibilité d'enregistrer le résultat et de le modifier à un autre moment facilite l'accès des membres de l'équipe à différents moments » (2).
- « Le fait que l'outil ait la possibilité d'être exécuté par plusieurs personnes dans un même projet, permet déjà une discussion en équipe, lorsque ces informations deviennent un panneau visuel la discussion devient encore plus stimulante, avec la possibilité d'échanges, de suppressions et d'ajouts de mots en collaboration ».
- « C'est facile à comprendre pour des gens de générations différentes ».

Les 4 participants qui ont affirmé que le format de l'outil stimule partiellement la discussion des idées en groupe ont fait les commentaires suivants :

- « L'activité elle-même a permis l'enregistrement des idées de l'équipe, mais il n'y a pas eu de facilitation des discussions ».
- « J'ai juste manqué d'information sur l'acteur qui fournit l'information qui a eu comme conséquence la modification du Nuage de Mots ».
- « il est très intéressant d'avoir le nuage de mots général créé pour tous les participants ensemble, mais il serait également important d'avoir accès à un Nuage de Mots individuel avec le contenu créé par chaque participant ».
- « La possibilité d'imprimer le panneau visuel conduit à un autre moment de discussion qu'il est intéressant d'organiser avec les concepteurs, afin qu'ils puissent affiner, réorienter les mots et discuter ensemble ».

Q 3.6. Les informations sur le fonctionnement des systèmes sensoriels, les principes d'utilisabilité et de CU, associées aux fonctions du produit (pratiques, esthétiques et symboliques), contenues dans la systématique d'utilisation des outils, ont-elles contribué à la génération de concepts et d'alternatives de conceptions ?

A cette question, 9 participants ont répondu oui (50 %) dont 6 qui ont fait des observations. Les neuf autres participants (50 %) ont choisi l'option « partiellement » et ont également argumenté leur réponse (Figure 52).

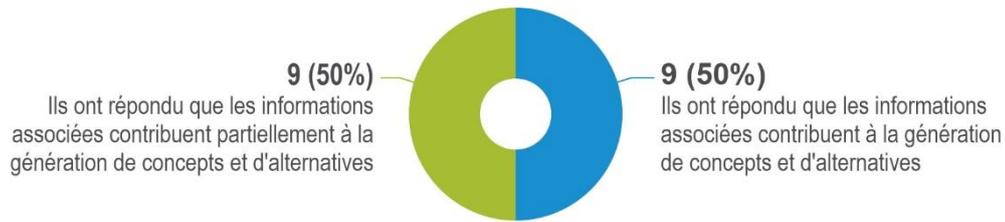


Figure 52. Concepts de Systèmes Sensoriels, principes d'Utilisabilité et de CU associés aux fonctions du produit (Pratique, Esthétiques et Symboliques) sont-ils utilisés comme ressources pour la génération de concepts et d'alternatives de solutions ?
Source : préparé par l'auteur.

Les participants qui ont répondu positivement ont fait les observations suivantes :

- « Totalemment ! L'outil conditionne l'équipe à rechercher des combinaisons entre les fonctions et les principes importants pour ouvrir de nouvelles possibilités de solution et/ou de proposition de solutions ».
- « J'avoue que j'ai dû passer par une grande phase d'adaptation pour penser comme un concepteur, mais cela contribue certainement pour proposer des idées inhabituelles. D'une certaine manière, cette façon d'analyser l'information oblige à prendre le chemin inverse : on pense à une caractéristique finale comme à un but, puis on cherche des moyens de la consolider. Au lieu d'analyser les moyens « communs » pour arriver à un certain objectif et de dresser la liste des possibilités de résultats ».
- « Bien qu'elles contribuent à l'expérience, je pense que les informations pourraient être transmises de manière plus directe » (2).
- « Ces définitions aident à comprendre l'outil ».
- « La description des concepts adoptés par l'outil est le point clé de la recherche, car c'est cela qui orientera bien ou mal le concepteur dans sa recherche de solution de conception. Pour cette raison, la révision du tutoriel doit être constante ».

Les participants qui ont choisi l'option « partiellement » ont fait les remarques suivantes :

- « Je pense que la proposition est vraiment bonne, mais il me manque un glossaire qui permettrait de mieux comprendre les termes, surtout pour les utilisateurs non expérimentés ».
- « À certains moments, vous pouvez rechercher des combinaisons qui génèrent un travail inutile au sein de l'outil, car il est rare qu'un projet spécifique englobe tous les sens, par exemple ».
- « Les concepts doivent être définis en fonction de la combinaison générée, il faut donc garder clairement à l'esprit ce que chaque principe signifie, pour produire des mots apparentés à ceux-ci. Comme il n'est possible de lire la description du principe qu'en cliquant dessus, lors de la définition du concept, j'ai ressenti le besoin de revenir en arrière et de lire la description plus d'une fois » (3).
- « Bien qu'elles contribuent, les informations pourraient être plus directes et plus présentes de manière permanente » (3).

- « Certaines combinaisons rendent difficile la création d'aspects spécifiques, mais cela aide à réfléchir et à « renforcer » le développement d'une perception plus profonde. Comme toutes les combinaisons ne sont pas obligatoires, ça fonctionne bien ».

Q 3.7. L'outil génère-t-il des documents / informations importants et agiles pour stimuler la prise de décision lors de la création des concepts et d'alternatives initiales de conceptions ?

13 participants (72 %) ont déclaré que l'outil génère des informations/documents importants et agiles pour stimuler la prise de décision pendant la création de concepts et d'alternatives initiales de solutions de conception. Parmi eux, 8 participants ont pris des notes. Les cinq autres participants (28 %) ont déclaré que l'outil répond partiellement à leurs besoins (Figure 53).

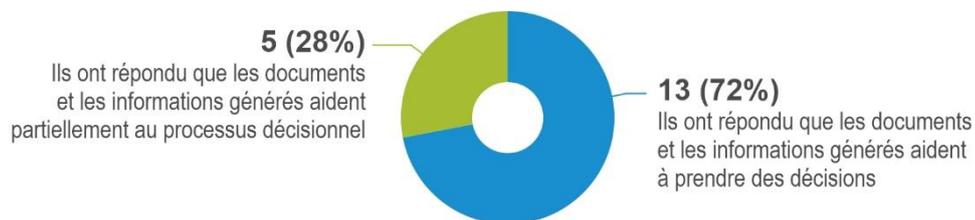


Figure 53. Les informations/documents générés par l'outil aident-ils à la prise de décision ?
Source : préparé par l'auteur.

Les 8 participants ont répondu positivement ont ajouté les annotations suivantes :

- « La génération de panneaux Visuels comme technique créative/inspirante est l'un des meilleurs résultats pour mes projets ».
- « Puisqu'il indique, à partir du nuage de mots, quels éléments sont considérés comme essentiels par l'équipe et apporte des références visuelles (corrélations) à partir du panneau » (5).
- « Oui, parce qu'il matérialise une partie du processus qui n'arriverait que subjectivement dans l'esprit des concepteurs et permet de ne pas négliger certains thèmes ».
- « À la fin, l'outil génère un brainstorming (impression) qui aidera cette première étape d'approche de la conception et de ses possibilités ».

Les participants qui ont répondu « partiellement » ont fait les remarques contributions suivantes :

- « Je crois qu'il est essentiel de présenter des statistiques et/ou des codes de couleur pour démontrer les types, la nature et les quantités de correspondances qui ont été le résultat de l'utilisation de l'outil et ceux qui étaient manquants. Le nuage de mots et le panneau visuels seuls sont des résultats incomplets pour la proposition » (2).
- « Pas agiles. L'étape de la sauvegarde de l'image sur l'ordinateur et l'insertion individuelle des images me semblent pouvoir être améliorées. On peut dire la même chose du système de redimensionnement des images puisqu'en cas de retour à l'activité, cela génère tout un retravail (puisque le redimensionnement ne peut pas être sauvegardé) ».

- « Je suis d'accord avec le nuage de mots, il est très dynamique et se met à jour automatiquement et de manière interactive. Cependant, le panneau d'images laisse à désirer car il ne comporte pas de sous-titres ou d'éléments qui informent sur les aspects travaillés et la relation entre les images, de plus elles sont non organisées. Le panneau visuel ne sert à rien sans une explication détaillée de la disposition des éléments qui le constitue, même si cela stimule l'imagination ».

Q 3.8. Considérez-vous que le format du panneau visuel (nuage de mots + images + impression) aide à l'organisation, la synthèse, la compréhension et les discussions sur les concepts et les alternatives initiales du projet ?

Pour 15 participants (83 %) la réponse a été « oui », 3 d'entre eux n'ont pas fait de remarques sur la réponse. 3 participants ont souligné que ce format aide partiellement (17 %) (Figure 54).

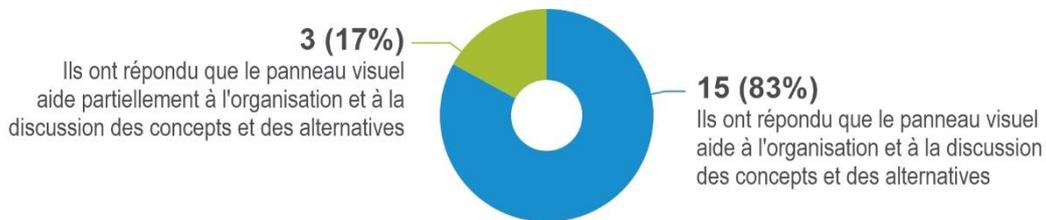


Figure 54. Le format du panneau visuel (nuage de mots + images + impression) aide-t-il à l'organisation, la synthèse, la compréhension et les discussions ?

Source : préparé par l'auteur.

Les 12 experts qui considèrent que le format du panneau visuel aide à l'organisation, la synthèse, la compréhension et les discussions ont fait les observations suivantes :

- « Il permet un visionnage simultané par tous les participants au projet ».
- « L'union des figures facilite non seulement la visualisation des concepts par un membre de l'équipe, mais situe également l'équipe par rapport aux limites de la créativité du groupe. Une discussion ultérieure avec ce matériel en main peut faciliter la définition du champ d'application » (2).
- « Puisqu'il indique, à partir du nuage de mots, quels éléments sont considérés comme essentiels par l'équipe et apporte des références visuelles (corrélées) du panneau » (4).
- « Il aide au processus de synthèse des idées, principalement en groupe » (3).
- « Oui, par le simple format présenté ».
- « Oui, c'est vrai ! Je recommande, toutefois, que parmi les mots les plus cités, il puisse y avoir soudainement un filtre qui signalerait au concepteur quels concepts ont été les plus cités par les membres de l'équipe ».

Les participants ayant répondu « partiellement utile » ont souligné à l'unanimité l'aspect suivant :

- « L'outil ne permet pas de réordonner les images. Il pourrait permettre, dans le futur leur regroupement ou classification » (3).

Q 3.11. Utiliserez-vous cet outil à l'avenir lors du développement d'un projet d'environnement, de produit ou de service ?

Lorsqu'on leur a demandé s'ils utiliseraient l'outil à l'avenir lors du développement d'une conception d'environnement, de produit ou de service, 17 participants (94%) ont répondu positivement et un participant (6%) a répondu « partiellement » (Figure 55).

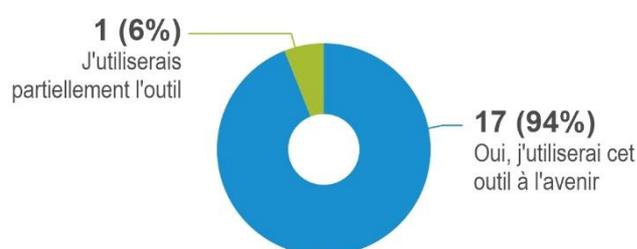


Figure 55. Utiliserez-vous l'outil dans de futurs projets ?

Source : préparé par l'auteur.

Aux 9 questions du questionnaire proposé aux experts, les réponses ont toujours été commentées et riches. Dans l'ensemble, les participants ont été très satisfaits de l'apport de l'outil dans le projet collaboratif proposé. Les concepts et des principes des Systèmes Sensoriels, Utilisabilité et CU n'ont pas toujours été bien perçus, compris ou utilisés, peut-être parce que les participants n'étaient pas encore bien familiarisés avec ceux-ci. Par contre dans sa structure, sa logique de fonctionnement et le contenu de son panneau visuel, l'outil a très bien été apprécié et utilisé.

6.2.4. QUESTIONS OUVERTES

Dans les questions ouvertes, les participants ont pu faire part plus librement de leurs expériences et impressions concernant les difficultés et ce qu'ils ont aimé / pas aimé dans l'utilisation de l'outil.

En général, les experts soulignent que l'outil est pertinent par rapport à ce qui est proposé, qu'il a une systématisation d'utilisation simple et intuitive et qu'il a un grand potentiel d'utilisation parmi les équipes de conception. Un participant a souligné qu'il existe une méthode sous-jacente à l'outil et a insisté sur le fait que la proposition et la combinaison des techniques utilisées par celui-ci sont très positives. D'autres remarques ont souligné que, d'un point de vue pratique, la manière dont la génération du nuage de mots est établie est intéressante : unissant des concepts importants dans un moment créatif.

La proposition utilisée pour obtenir des idées basées sur l'utilisateur a été un aspect positif pour la plupart des participants. Ils ont trouvé très intéressant de donner la priorité aux compétences et aux caractéristiques de l'utilisateur, souvent négligées. Il a été souligné par un participant ayant une formation en Architecture, la possibilité d'interagir avec d'autres professionnels à distance pour mieux organiser des idées du concepteur : « en tant qu'architecte, j'ai le sentiment que, lorsqu'il s'agit de concevoir, on passe plus par instinct que

par une méthodologie de création ». Ceci permet de générer de manière plus structurée un large éventail de possibilités par des combinaisons de concepts.

Le fait qu'il soit possible de lier des éléments visuels à des éléments textuels a également présenté, selon certains participants, une image générale plus concrète et plus efficace de la conception.

Un autre aspect important est la prise en compte de l'importance des connaissances sur les fonctions des produits, comme moyen d'organiser les idées pour la création d'un nouveau projet. En ce sens, un participant a déclaré que ce serait un défi intéressant de formuler les idées avant les combinaisons proposées dans l'outil.

Toutefois, certaines difficultés ont été signalées par les participants, comme la difficulté d'ajuster la taille des images téléchargées sur le panneau visuel. Un participant a souligné que la réflexion sur les catégories présentées dans l'outil, principalement concernant les fonctions pratique, esthétique et symbolique, est un exercice difficile. En ce sens, au début, certains participants ont éprouvé des difficultés à associer les concepts et principes, mais il convient de remarquer qu'après un certain temps d'utilisation de l'outil et de familiarisation avec chaque critère, les difficultés diminuaient.

6.3. CONCLUSION

Ce chapitre a permis de proposer une évaluation de l'outil haute-fidélité par un panel d'experts. La méthode de collecte de donnée a été présentée ainsi que le protocole mis en place pour réaliser cette activité en 6 étapes. 18 experts de formation complémentaires en Architecture, Urbanisme, Ingénierie de la production, Conception, Mécanique, etc, formés dans 10 universités brésiliennes différentes, et avec des niveaux d'expertises différentes, ont été recrutés pour cette étape d'évaluation. Ils ont été regroupés en 5 équipes pour éprouver les fonctionnalités de l'outil. Après avoir manipulé l'outil lors d'un projet identique prédéfini, un questionnaire leur a été soumis. Les réponses ont permis de confirmer les points forts de la proposition (utilisabilité, clarté de fonctionnement, contribution à la génération d'idée, originale dans son approche et mise à disposition d'un panneau visuel très apprécié pour favoriser les discussions d'équipe). Des remarques permettent également de pointer du doigt quelques lacunes : temps d'appropriation, difficulté de compréhension des concepts et principes et surtout de leur association ou encore que l'outil peut être difficile à utiliser par des non spécialistes.

7. ÉVALUATION ET DISCUSSION

Ce chapitre discute et évalue les résultats des données collectées grâce au travail du panel d'Experts à propos de l'outil en construction.

Les résultats ont montré que l'outil proposé a atteint de manière satisfaisante son objectif principal qui était d'aider au processus de développement de concepts et d'alternatives initiales de conception. Cela a contribué à l'enrichissement des informations pour soutenir les discussions et les solutions de manière collaborative, en utilisant des combinaisons de concepts de Systèmes Sensoriels et de principes d'Utilisabilité et de CU associés aux fonctions Pratiques, Esthétiques et Symboliques des produits. L'outil a donc permis l'apport de concepts relativement complexes dans un langage appliqué qui peut être utilisé de façon simple et directe par des concepteurs ayant différents niveaux d'expérience en matière de conception.

Les contributions les plus significatives acquises lors de la collecte des données sont évaluées et discutées selon les thèmes suivants : 1. Aspects fonctionnels, 2. Données de l'outil, 3. Questions environnementales et contexte d'utilisation, 4. Caractéristiques des utilisateurs et 5. Critères d'utilisation.

7.1 ASPECTS FONCTIONNELS

En ce qui concerne le **partage des activités réalisées de manière collaborative et interactive entre les utilisateurs de l'outil**, grâce aux remarques du panel d'Experts, il a été constaté que son fonctionnement sur une plateforme numérique est très utile pour le travail en équipe. Le fait que l'outil puisse être consulté par plusieurs personnes simultanément, avec la possibilité de mettre à jour les données en temps réel, permet une forte interaction et un partage des activités développées en équipe. Cela peut apporter de nombreux avantages comme des réponses rapides au processus de création de concepts et d'alternatives initiales de conception, l'incitation à travailler en collaboration, la facilité d'insertion de l'utilisateur auquel la conception est destinée dans les activités de développement de projet, etc.

À propos de la **liberté de choisir les combinaisons binaires** des concepts et des principes structurants de l'outil pour guider les actions de conception, elle a été généralement interprétée comme positive par les participants, ainsi que la non-obligation d'utiliser toutes les combinaisons prévues pour le fonctionnement de l'outil. Même si toutes les combinaisons prévues à l'étape D ne sont pas applicables à tous les projets, il est évident dans la perception des utilisateurs qu'elles contribuent à leur réflexion, notamment sur leur prise en considération à un autre moment de la conception. Ce constat nous amène à la comprendre comme une contribution très positive, dans le sens de la création d'habitudes et de routines pour rendre présents les concepts et les principes structurants proposés par l'outil, face aux enjeux de la conception.

En ce sens, l'observation d'un des participants doit être mise en évidence :

« Certaines combinaisons rendent difficile la création d'aspects spécifiques de celles-ci, mais cela aide à réfléchir et à « forcer » le développement d'une perception plus profonde ».

Cependant, un autre participant ayant une autre interprétation a fait le commentaire suivant :

« À certains moments, il est possible de rechercher des combinaisons qui génèrent un travail inutile au sein de l'outil, car il est rare qu'une conception spécifique englobe tous les sens, par exemple ».

Quant à la **possibilité de constituer une base de données (numérique) pour enregistrer les résultats, les modifier et les mettre à disposition pour consultation et édition à un autre moment**, la systématisation d'utilisation de l'outil par le biais de sa plate-forme numérique permet cette option. Effectivement, des données de chaque projet sont enregistrées et l'accès pour les consulter et les éditer est disponible aux participants enregistrés dans ces projets. Les remarques faites par les participants du panel d'Experts ont été très positives à cet égard. Il convient de mentionner les points suivants :

« Le support virtuel est très utile pour le travail en équipe ; dans l'outil la possibilité d'enregistrer le résultat et de le modifier à un autre moment facilite l'accès de l'équipe à différents moments ».

Par rapport à la **possibilité d'imprimer des panneaux visuels des données insérées dans l'outil (textes) et (images)**, fonction disponible à l'étape E, la plupart des participants ont très bien réagi à cette possibilité. Plusieurs commentaires positifs se sont concentrés sur ce fait, corroborant avec l'observation mise en évidence par un participant qui a déclaré :

« L'impression du panneau visuel est fondamentale pour le processus de création ».

Certaines suggestions d'amélioration ont été présentées comme celle de la précision du positionnement et des ajustements de taille des images du panneau visuel pour son impression, en tenant compte du fait que la version testée de l'outil ne permet pas de changer ou de choisir l'endroit où placer les images, puisqu'elle suit l'ordre de choix de l'importation des images et organise automatiquement son positionnement les unes à côté des autres. À cet égard, certains participants ont suggéré qu'après l'importation de l'image, celle-ci puisse être positionnée n'importe où sur le panneau visuel.

Une autre suggestion est de savoir comment associer au mieux les images avec le Nuage de Mots. Cette suggestion vient du fait que le Nuage de Mots se trouve dans un champ fixe du panneau visuel, séparé des images. Ainsi, la possibilité d'ajouter des annotations, des dessins ou des flèches pour renforcer le lien entre les mots avec les images n'est possible que sur les panneaux une fois imprimés. La suggestion était de rendre cette interaction déjà possible à l'intérieur de l'outil (de manière numérique), avec la possibilité d'agir dans le panneau visuel en écrivant ou dessinant.

Au sujet de l'utilisation non-linéaire des étapes qui composent la feuille de route de l'outil (permettre des avances, des retours et des ajouts aux étapes), les participants ont trouvé cette caractéristique de l'outil intéressante. Certaines observations ont été verbalisées

pendant l'expérience, considérant positivement la liberté d'avancer et de reculer pour modifier les étapes.

Un participant a suggéré que le format des boutons de changement d'étape, placés dans le coin supérieur droit des Étapes C, D et E, soient mis plus en évidence et plus visible.

Un autre aspect commenté par les participants est lié à la possibilité d'un plus grand **contrôle et d'un meilleur accès aux informations saisies par chaque utilisateur** de l'outil. Cela permettrait d'avoir une vision plus complète du processus, car les concepteurs auraient un plus grand accès à l'information, permettant à chacun de suivre les contributions spécifiques de chaque participant qui compose l'équipe et d'avoir accès à l'information développée par le groupe dans son ensemble.

Les résultats ont également montré l'importance, surtout dans les manifestations faites par les participants ayant une formation en Architecture, de la mise en place d'une structure qui collabore à l'organisation d'actions pour la génération de concepts et d'alternatives initiales de conception. Sur ce constat, Kowaltowski et al. (2011, p.21) estiment que dans le

« processus de création architecturale, il n'y a pas de méthodes rigides ou universelles chez les professionnels, mais quelques procédures communes. La plupart du temps, il est informel, individuel ou suit des écoles de règles esthétiques ».

Dans ce sens, certains participants ont déclaré qu'avec un certain temps d'utilisation de l'outil, il devient évident qu'une structure d'organisation des données permet de mener le processus de création de manière collective. Un autre facteur important noté par les participants est la possibilité de mener les actions du projet en considérant les informations de l'utilisateur auquel la conception est destinée. Lors de la manipulation de l'outil, l'utilisateur final, même non présent, est naturellement amené au centre du processus. Cette observation de la part des participants est significative, notamment du fait que sept participants (39 %) de l'échantillon, tous diplômés en Architecture, même avec des expériences dans des projets d'Architecture, de Design Industriel et en Ingénierie, n'avaient jamais eu de contact avec une quelconque méthode de CCU.

La bonne perception des participants concernant **le langage utilisé pour le fonctionnement de l'outil** est conforme à l'approche adoptée tout au long du développement de l'outil, dont le souci constant était de maintenir les utilisateurs et/ou groupes d'utilisateurs dans une participation active au processus. De cette manière, le fonctionnement de l'outil est en accord avec ce que Rubin et Chisnell (2008, p. 12) ont déclaré : cela est le résultat d' « un langage qui a été construit basé sur l'attente de ce que sera l'expérience de l'utilisateur lorsqu'il utilisera le produit ».

7.2 À PROPOS DES DONNEES DE L'OUTIL

Concernant **la combinaison des données en format numérique, papier et avec des éléments tridimensionnels (physiques)**, l'outil répond aux deux premiers, c'est-à-dire qu'il

permet l'insertion de données par voie numérique avec la possibilité d'imprimer le panneau visuel composé du Nuage de Mots et des images qui lui sont associées. En ce sens, l'outil permet que les données du panneau visuel puissent être mises à jour tout au long du parcours de conception et répond à ce que Jacques, J. J. et Santos, (2009) appellent un « environnement visuel » qui stimule le questionnement et les interactions entre utilisateurs. À cet égard, la plupart des participants ont trouvé intéressante cette caractéristique de la disposition des données de l'outil.

En ce qui concerne **le Tutoriel de l'outil**, les données à consulter contenues dans le format numérique ont suffi à clarifier les besoins de la plupart des participants. Certaines suggestions des participants comme l'ajout d'infographies ou d'explications vidéo revêtent d'une certaine manière un caractère complémentaire au tutoriel, en vue d'élargir la communication des données du tutoriel, au-delà du langage écrit, en suggérant l'utilisation d'images, de symboles graphiques et audiovisuels.

Par rapport à **l'insertion libre de données écrites (concepts) et le choix des images (photos et dessins) disponibles pour l'utilisation de l'outil et/ou développées par l'utilisateur de l'outil**, il a été suggéré par un participant de créer des « liens » vers les banques d'images disponibles sur Internet, afin que la consultation et le choix des images se fassent sans qu'il soit nécessaire de les stocker au préalable sur l'ordinateur, ce qui donnerait plus d'agilité au processus.

À propos de la **quantité et le type de données requises pour la réalisation des étapes de l'outil, si elles sont satisfaisantes et faciles à assimiler** : 13 participants (72 %) de l'échantillon ont répondu que les données sont satisfaisantes et faciles à comprendre, comme l'ont commenté les participants :

« Il est facile de comprendre les idées à saisir et en plus l'outil ne comporte pas beaucoup d'étapes ».

Toutefois, d'autres commentaires ont été faits :

« Les fenêtres qui apparaissent avec les définitions sont très utiles, mais une connaissance préalable du contenu est tout de même nécessaire » ; « les concepts eux-mêmes ne sont pas complexes, mais en extrapolant l'utilisation à un grand public, les définitions de la littérature ne sont peut-être pas les moyens les plus efficaces de les présenter ».

Ces propositions soulignent la nécessité de simplifier le langage de certaines données contenues dans l'outil.

Sur le **stockage sécurisé des données collectées et développées**, les participants ont surtout compris à quel point la manière de stocker dans l'outil avec l'enregistrement des actions en format numérique et la possibilité d'imprimer le panneau visuel avec la synthèse de toutes les informations sont sûres.

Concernant les données sur **le fonctionnement des Systèmes Sensoriels, les principes d'Utilisabilité et de CU associées aux Fonctions du Produit (Pratiques, Esthétiques et**

Symboliques), contribuant à la génération de concepts initiaux et d'alternatives initiales de conception, en général, elles ont été comprises comme satisfaisantes par les participants dont neuf (50 %) ont montré l'importance du format dans lequel l'outil rend les données disponibles, avec des commentaires les suivants :

« Totalement ! L'outil conditionne l'équipe à rechercher des combinaisons entre les fonctions et les principes importants pour ouvrir de nouvelles possibilités de solution et/ou de proposition de solutions ».

Neuf autres participants (50 %) de l'échantillon ont jugé l'exercice important, mais n'y ont participé que partiellement et y ont contribué par des suggestions telles que :

« Bien qu'ils contribuent à l'expérience, je pense que les informations pourraient être transmises de manière plus directe ».

Même si certaines combinaisons prévues de concepts et de principes sont difficiles, voire inapplicables dans certaines situations de conception, elles peuvent en effet être intégrées dans des projets futurs, ce qui fait ressortir un commentaire d'un participant :

« Certaines combinaisons rendent difficile la création d'aspects spécifiques, mais cela aide à réfléchir et à « renforcer » le développement d'une perception plus profonde. Comme toutes les combinaisons ne sont pas obligatoires, ça fonctionne bien ».

Cependant, en général, la relation avec « le type, la quantité, la volatilité, la taille, la persistance, l'exactitude et la valeur des données », éléments suggérés par Preece, Rogers et Sharp (2005, p.226), pour composer des produits avec une bonne interaction, s'est avérée équilibrée et satisfaisante dans la perception des participants.

7.3 QUESTIONS ENVIRONNEMENTALES ET CONTEXTE D'UTILISATION

Le fait que la **plateforme d'utilisation soit à distance** a été très positif dans la perception des participants. En ce sens, 14 participants (78 %) de l'échantillon ont répondu que l'environnement numérique stimule la discussion et l'échange d'idées de manière collaborative entre les participants dans le contexte de la conception. En cette période de pandémie COVID-19, où l'isolement social restreint considérablement la présence des activités et limite le partage d'informations, cet outil a été particulièrement apprécié. 11 participants parmi les 14 ont pris des notes expliquant pourquoi :

« En partie, il ne remplace pas le travail en face-à-face, mais il permet l'interaction entre des personnes qui vivent loin et constitue une excellente option ».

Quatre participants (22 %) ont souligné qu'il stimule « partiellement » la discussion en équipe et ont déclaré que :

« Il est très intéressant d'avoir le nuage de mots général créé pour tous les participants ensemble, mais il serait également important d'avoir accès à un Nuage de Mots individuel avec le contenu créé par chaque participant ».

Un participant a fait remarquer que :

« La possibilité d'imprimer le panneau visuel conduit à un autre moment de discussion qu'il est intéressant d'organiser avec les concepteurs, afin qu'ils puissent affiner, réorienter les mots et discuter ensemble ».

Cela renforce également l'importance de l'option d'activité, au-delà de l'environnement numérique.

7.4 CARACTERISTIQUES DES UTILISATEURS

Concernant l'utilisation de l'outil, pour 13 participants (72 %), il est possible d'utiliser l'outil par des concepteurs ayant différents niveaux d'expérience, un participant a fait une observation très intéressante afin de préciser que l'outil possède une

« Simplicité d'utilisation et méthode intuitive ».

Cela indique la possibilité de réfléchir à la future structuration d'une méthode basée sur les concepts et principes abordés dans l'outil, ainsi que sa proposition de systématisation d'utilisation.

D'autres observations vont dans ce sens :

« L'utilisation est simple et intuitive. Les utilisateurs les plus expérimentés auront plus de facilité et les moins expérimentés n'auront aucune difficulté tant qu'ils suivront le tutoriel ».

« Je ne vois aucune limitation technique ou connaissance spécifique requise pour appliquer cet outil à tout type de conception. Que ce soit pour les débutants ou les professionnels ».

« Il permet la collaboration d'autres personnes, ce qui aide grandement à cet échange de connaissances et de doutes qui peuvent surgir. Le tutoriel sert d'aide et de guide de recherche didactique à l'utilisateur dans l'outil ».

5 participants (28 %) de l'échantillon ont répondu qu'il n'est pas possible pour des participants de différents niveaux d'expérience d'utiliser l'outil et ont concentré leurs observations principalement sur la nécessité d'une connaissance préalable des contenus abordés dans la systématisation d'utilisation de l'outil :

« Je pense qu'il est nécessaire d'avoir une connaissance minimale des éléments nécessaires à la création de chaque conception » ;

« Peut-être que les concepteurs ayant peu d'expérience auront des difficultés à cause du répertoire réduit » ; « Je crois que seuls les concepteurs qui ont déjà fait des recherches sur le sujet pourront le manipuler. Mais si un concepteur expérimenté donne des instructions, il est possible pour tout le monde d'y parvenir ».

Cependant, il a été noté que certains participants n'ont pas lu attentivement le tutoriel de l'outil qui a été mis à leur disposition avant la collecte des données. Ainsi, il a été constaté que la non-lecture ou la lecture partielle du tutoriel contribuait à générer une insécurité chez certains participants pendant l'utilisation de l'outil, notamment en ce qui concerne la réflexion

sur son utilisation par des concepteurs moins expérimentés. Toutefois, avec une durée d'utilisation plus longue de l'outil et une plus grande familiarité qui en découle, une plus grande confiance de l'utilisateur dans l'outil sera établie, ce qui facilitera une meilleure exploration de ses possibilités comme outil de soutien aux activités de conception.

7.5 CRITERES D'UTILISATION

En ce qui concerne **le langage d'utilisation** présenté dans l'outil de façon claire et facile à comprendre, la majorité des participants (14, soit 78 %) l'ont compris, dans le sens où la perception de la communication visuelle et de la systématisation d'utilisation de l'outil est très bonne, simple et intuitive. À l'occasion, quatre participants (22 %) ont déclaré que le langage utilisé dans l'outil, notamment en relation avec la manière dont les concepts et les principes sont décrits à l'étape D, pourrait être présenté de manière plus directe, notamment pour faciliter la compréhension aux utilisateurs qui ne sont pas familiers avec ces principes et concepts.

Un autre aspect important souligné par les participants est la mise à jour en temps réel avec le feed-back du nombre de combinaisons déjà effectuées, par le biais d'un affichage des combinaisons et du pourcentage réalisé par l'utilisateur (disponible à l'étape D de l'outil).

La mise à jour du Nuage de Mots avec la visualisation pour tous ceux qui utilisent l'outil simultanément au fur et à mesure de l'insertion de nouvelles données s'est avérée être un facteur très positif dans la perception de la plupart des participants.

Toutefois, certaines déclarations proposent la simplification des termes contenus dans les définitions des concepts et principes disponibles pour la formation de combinaisons binaires.

À propos de la présentation des résultats visuels d'une manière claire et objective qui contribue à l'élaboration de concepts et d'alternatives initiales de solutions, 13 participants (72 %) ont déclaré que l'outil génère des informations et des documents importants et agiles. Cet aspect a été mis en évidence dans les manifestations des participants qui ont compris plus clairement, à partir du Nuage de Mots, que certains éléments sont considérés comme essentiels par l'équipe. Cette information participe à l'apport de références visuelles matérialisées dans le panneau visuel, dont la fonction, selon Pazmino (2015, p.169), est d'apporter

« des éléments esthétiques qui véhiculent le sens du produit qui doivent être analysés par les concepteurs et appliqués au produit à développer ».

Comme l'a dit un participant à l'expérience, cela contribue au fait

« qu'il matérialise une partie du processus qui n'arriverait que subjectivement dans l'esprit des concepteurs et permet de ne pas négliger certains thèmes ».

De manière général, les participants ont vécu une excellente expérience dans l'utilisation de l'outil, même si la durée de manipulation a été « trop » courte, comme le prévoyait le protocole de test. Cette observation de la part des participants coïncide avec une préoccupation pertinente lors du développement de cette recherche, dans le sens où l'outil a été vraiment un instrument de motivation pour fournir à ses utilisateurs des données significatives, en suscitant des discussions et des réflexions sur le processus de conception des concepts et d'alternatives initiales de conception. Les participants ont réellement été intéressés par les aspects liés à la façon dont nous captions les messages de l'environnement (Système Sensoriel), à la manière dont il est possible d'améliorer l'utilisation des choses (Utilisabilité) et au mode dont il est possible de fournir un accès large et sans restriction aux personnes dans les environnements construits (CU).

Quelques points énumérés synthétisent les résultats positifs relatifs aux potentialités atteintes à la fin du cycle d'évaluation proposé avec le prototype haute-fidélité de l'outil :

- Il a contribué à l'émergence d'une approche de conception stimulant l'utilisation et l'association des concepts de Systèmes Sensoriels et des principes d'Utilisabilité et de CU ;
- Il présente une simplicité d'utilisation et une méthode intuitive qui peut être développée sur la base des travaux déjà effectués et de la systématisation d'utilisation de l'outil ;
- Il permet la mise à jour en temps réel des données, ce qui offre une forte interaction et le partage des activités développées en équipe ;
- Il permet le stockage des données générées dans chaque projet enregistré et leur réutilisation ;
- Il stimule de manière collaboratrice les discussions de conception, les interactions et les mises à jour de contenu des données générées par le panneau visuel ;
- Il participe à la collaboration pour les équipes de conception à la recherche de combinaisons de concepts, de principes et de fonctions qui placent l'homme au centre du processus dans la solution et/ou la proposition des solutions initiales du projet ;

Pour l'amélioration future de l'outil, il est également possible d'identifier et de résumer certaines suggestions importantes :

- Permettre un ajustement libre du positionnement des images sur le panneau visuel ;
- Créer une ressource pour écrire et dessiner dans la zone du panneau visuel ;
- Donner accès aux informations saisies individuellement par chaque utilisateur dans le cadre de la conception ;
- Créer des « liens » vers les banques d'images disponibles sur Internet ;
- Simplifier le langage de la description des concepts et principes disponibles pour consultation à l'étape D de l'outil ;

Enfin, grâce aux résultats obtenus concernant le fonctionnement de l'outil lors de la collecte de données, il a été possible d'obtenir un aperçu initial de son efficacité pour aider au développement de concepts et d'alternatives initiales de conception, en tenant compte de manière articulée des thèmes qui placent l'utilisateur au centre du processus. L'évaluation des résultats basée sur la perception de l'utilisation des participants, architectes, designer industriel et ingénieurs, qui ont composé le panel d'Experts, a souligné que l'outil remplissait sa fonction de manière satisfaisante. Par conséquent, il contribue, par le biais d'une structure et d'une systématisation d'utilisation simple et intuitive, au travail collaboratif entre des équipes de conception ayant des caractéristiques multidisciplinaires.

8. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

8.1 SYNTHÈSE

Cette thèse a été consacrée au développement, à la mise en œuvre et à l'évaluation d'un outil créé pour aider des équipes multidisciplinaires à structurer des concepts et alternatives initiales de solutions de conception, en vue d'une application dans les domaines de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie des Produits. La proposition de cet outil vise à diffuser, intégrer et mettre à disposition trois bases conceptuelles : les Systèmes Sensoriels Humains, les principes d'Utilisabilité et ceux de la CU, dans un langage appliqué, simple et direct, pour des concepteurs ayant différents niveaux d'expérience.

La **question de recherche** était de savoir si la connaissance du fonctionnement du Système Sensoriel Humain par les concepteurs, lorsqu'elle est associée à celle des principes d'Utilisabilité et de CU, pouvait contribuer à la création de concepts et d'alternatives initiales de conception, pour le développement d'environnements bâtis, de produits et/ou de services.

Pour y répondre, il a été nécessaire d'intégrer des informations précises tirées de la revue de littérature et d'observations de terrain qui ont servi de soutien à la composition de la base conceptuelle de l'outil. Ainsi, grâce aux procédures adoptées dans le cadre de cette recherche et aux résultats de la collecte finale, **l'objectif général de cette recherche a été atteint**. Effectivement, il a été constaté que la perception de l'utilisation de l'outil par les participants qui composaient le panel d'Experts a été positive. Grâce au prototype haute-fidélité de l'outil et à son application lors de sa mise en situation, l'outil a montré toute sa pertinence en apportant des éléments complémentaires par rapport aux situations de conception habituelles.

Les **objectifs spécifiques** étaient de comprendre les thèmes « Systèmes Sensoriels », « Utilisabilité » et « CU », grâce auxquels il a été possible d'approfondir les thèmes structurants pour la formation de la base conceptuelle de l'outil.

Ils ont conduit à l'identification de méthodes et/ou de techniques de conception couramment utilisées tant dans la conception d'environnements bâtis que de produits et/ou de services. L'observation de la question des différentes échelles et des outils utilisés a permis de brosser un tableau général des transformations qui se sont produites en ce qui concerne les méthodologies de conception, particulièrement appliquées et répandues dans les domaines de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie des Produits. Ils ont également permis d'identifier des outils de soutien au parcours de conception, ce qui a contribué à constituer la structure formelle et systématique d'utilisation de l'outil développé dans cette recherche.

Et enfin, ils ont conduit à concevoir et à appliquer l'outil dans une perspective collaborative en tenant compte des expertises et des domaines de connaissances de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie des Produits, en ayant comme lieu

d'études et d'expérimentations les environnements académiques français et brésilien. L'opportunité d'un stage de doctorat en alternance au laboratoire G-SCOP (CNRS, Grenoble INP, Université Grenoble Alpes) a permis l'échange d'expériences avec des étudiants, des enseignants et des professionnels français qui, comme les Brésiliens, ont participé activement et directement au développement du parcours empirique de cette recherche, apportant des informations fondamentales pour la réalisation de l'outil développé essentiellement sur une plate-forme numérique.

8.2 RETOUR SUR LA METHODOLOGIE

La **méthodologie** adoptée pour cette recherche a été structurée en quatre étapes : 1) Constructions Théoriques, 2) Développement de l'Outil, 3) Application et 4) Analyse des Résultats. Au vu des résultats obtenus, il est entendu qu'elle a contribué à donner de la clarté, de la sécurité et de la qualité à la trajectoire des actions mises en œuvre. Il est important de mettre en évidence les deux étapes de Construction Théorique qui ont permis de soutenir la composition de la base conceptuelle de l'outil, ainsi que le parcours empirique de cette thèse qui a contribué de manière importante aux résultats finaux obtenus.

La première partie du **parcours empirique** pour développer l'outil a été caractérisée par une approche centrée sur l'utilisateur, avec la participation directe et active des participants à la recherche. Tout d'abord, avec la participation de 13 étudiants du *Programme de deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'Université fédérale de Paraíba (UFPB) / Brésil*. Dans une deuxième étape, avec 19 étudiants de *premier cycle de l'ENSCI - École Nationale Supérieure de Création Industrielle / Alpes Design Lab / Ensci-Les Ateliers / France* et enfin, avec 3 professionnels du bureau de référence *CRIDEV / France*.

Avec les étudiants du *Programme de deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'UFPB / Brésil*, à travers l'application d'un questionnaire, il a été possible de déduire que les trois thèmes « Systèmes Sensoriels », « Utilisabilité » et « CU » sont peu discutés de manière conjointe et peu pris en compte au cours du processus de conception, surtout pendant les moments d'idéation consacrés à la génération de concepts et d'alternatives initiales de solutions de conception.

Dans l'expérience avec les participants de *l'ENSCI - École Nationale Supérieure de Création Industrielle / Alpes Design Lab / Ensci-Les Ateliers - France*, à travers l'observation systématique, le Groupe de discussion et le Questionnaire, il a été possible d'identifier que la perception des étudiants renforçait les remarques des étudiants de *deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'UFPB / Brésil*. Il a ainsi été possible de percevoir les difficultés des étudiants tant brésiliens que français à visualiser l'application des 3 thèmes dans un parcours de conception, même dans un langage simplifié.

Cette constatation, faite lors de l'application des questionnaires et des discussions de groupe, a éveillé chez les participants la volonté d'expérimenter cette possibilité qui, selon eux, est nouvelle. Ce facteur a mis en évidence la lacune identifiée lors de la phase de la revue

de littérature ainsi que le caractère innovant de la proposition, ce qui a favorisé la continuité de cette recherche.

L'expérience avec les professionnels du bureau de référence *CRIDEV / France*, lors de l'entretien semi-structuré réalisé avec eux et également par le biais du questionnaire, a confirmé l'importance des thèmes mentionnés. Elle a aussi contribué de manière conséquente aux autres moments de la phase empirique, grâce à la perception des professionnels ayant une forte expérience en matière de conception.

Avec l'achèvement de cette étape de la thèse, il a été possible de synthétiser des informations importantes pour **établir les exigences en vue du développement de l'outil**, ce qui a conduit à la structuration des aspects comme : les questions formelles, la plateforme adoptée et la systématisation de l'utilisation de l'outil. En outre, l'expérience acquise au cours de la réalisation du parcours empirique de cette recherche a été enrichissante, au sens où elle a donné au chercheur la possibilité de déduire différentes réalités de l'approche de conception, dans des pays culturellement et socialement différents.

La réalisation du parcours empirique a permis de composer les exigences, aussi bien que de former la base conceptuelle de l'outil, ce qui a conduit au parcours de développement des prototypes de l'outil. Le travail initial de structuration de l'outil a été effectué au laboratoire *G-SCOP / France* en collaboration avec un ingénieur développeur informatique du laboratoire. Ainsi, il a été possible de définir des caractéristiques importantes de l'outil telles que : le contenu de l'information, la transition entre les étapes, le flux des tâches, l'étude de la plateforme numérique la plus appropriée et du langage de programmation.

La **conduite de cette recherche dans deux contextes différents, par le biais du régime de co-direction**, a été d'une grande importance. Au Brésil, il a été possible d'avoir un contact intense avec diverses expertises, dans le cadre du Programme de *deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'UFPB*, grâce à des actions développées dans des disciplines et des ateliers dans un environnement multidisciplinaire. De même, dans le laboratoire *G-SCOP / Grenoble INP - École de Génie Industriel / France*, où il a été possible d'établir des dialogues avec différents domaines de connaissances et de participer à des activités avec d'autres étudiants, chercheurs et professionnels de différentes cultures et expertises, liées à ces thèmes de recherche.

Un autre facteur important lié à la trajectoire de ce travail en tant que régime de codirection est le renforcement de la relation entre le Programme de *deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'UFPB / Brésil*, en particulier avec le *laboratoire d'accessibilité - LACESSE et le G-SCOP / Grenoble INP - École de Génie Industriel / France*, ouvrant la possibilité que des travaux de cette nature se produisent encore à l'avenir en recherche et en enseignement dans ces domaines.

Dans ce contexte, l'expérience personnelle du chercheur s'est avérée transformatrice, dans un sens positif, en témoignant du reflet de la possibilité de vivre des expériences et des échanges extrêmement enrichissants, multidisciplinaires et multi-institutionnels, qui ont contribué de manière significative à la compréhension des sujets traités dans cette thèse, ainsi qu'à l'expérience de vie personnelle.

La **première version du prototype haute-fidélité** a été développée au Brésil avec la définition de la plateforme numérique, du langage de programmation et des algorithmes pour le fonctionnement de sa partie numérique. Cette version était composée de sept étapes qui ont permis les premiers tests effectués avec la collaboration de deux spécialistes, Analyste en Génie Informatique pour l'un et Ingénieur Informaticien pour l'autre, qui ont également participé au développement de l'outil. Cela a permis les premiers ajustements en ce qui concerne les aspects de présentation et de la systématisation de l'utilisation de l'outil pour la réalisation du test pilote.

Le test pilote a été réalisé avec 7 participants du Programme de *deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'UFPB*. D'après l'observation systématique et l'application d'un questionnaire, il a été possible de vérifier l'efficacité des moyens utilisés pour la collecte des données et le fonctionnement de l'outil dans la plateforme numérique adoptée. À l'époque, certaines suggestions importantes concernant l'outil avaient été faites en rapport avec la clarté et la facilité de compréhension des écrans pendant l'utilisation, la disposition et l'emplacement des informations et les caractéristiques et la quantité d'informations saisies pour son fonctionnement.

Selon les recommandations issues des tests de clarté et test pilote, **la deuxième version du prototype haute-fidélité de l'outil** a été développée, dans laquelle des modifications ont été apportées à sa systématisation d'utilisation. Nous avons fait appel à un panel volontaire d'Experts à caractère multidisciplinaire composé de 18 participants répartis en cinq équipes. Les expérimentations réalisées par chacun de ces 5 groupes d'experts ont permis de collecter d'importantes des données.

Au départ, la collecte devait être effectuée en présentiel, mais en raison de la pandémie du Coronavirus (COVID-19), il a fallu adapter la méthode d'application, face aux défis imposés par l'isolement social. Il a donc été décidé d'effectuer les tests à distance, les participants étant individuellement installés chez eux et composant des équipes virtuellement, en utilisant une plate-forme numérique destinée à la communication audiovisuelle entre les membres et le chercheur, ainsi que la plateforme de l'outil à utilisation synchronisée entre les participants des équipes.

En raison du besoin d'adaptation du format de collecte final, il a fallu plus de temps pour la réalisation, l'exécution des étapes d'utilisation de l'outil et l'application du test. Cela s'est

avéré positif, surtout compte tenu de la possibilité d'évaluer la perception des participants concernant l'utilisation de l'outil dans un environnement totalement numérique, nouveau et stimulant. Ce facteur a démontré à quel point l'outil est appliqué et facilite l'intégration entre les membres des équipes à distance, en fournissant des discussions et des résultats de manière collaborative pour structurer les concepts et les alternatives initiales de conceptions en temps réel.

8.3 CONTRIBUTION ET RECOMMANDATIONS

Quant à la contribution et aux recommandations futures, avec le résultat de la collecte finale de cette thèse, il a été possible d'obtenir un premier aperçu avec des informations concernant le fonctionnement de l'outil. En ce qui concerne la **contribution scientifique**, cette thèse démontre à travers l'outil développé que des efforts sont nécessaires pour étendre l'intégration de concepts et de principes relativement complexes qui privilégient l'homme comme centre d'attention au moyen d'instruments de soutien au parcours de conception.

En outre, cette recherche montre l'importance des sujets étudiés, compte tenu des domaines de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie des Produits. En ce sens, les résultats obtenus dans ce travail ouvrent des perspectives futures de réflexion, d'expansion, de raffinement et de développement des ressources concernant le parcours de conception à travers la base conceptuelle développée jusqu'à présent dans ce travail.

Concernant la **contribution sociale**, l'outil développé est imprégné de thèmes qui placent l'homme au centre de leurs actions et vise à aider les architectes, les designers industriels et ingénieurs dans le développement d'alternatives de conception, dans les sphères académiques et professionnelles. Ainsi, il est entendu que la contribution sociale de cette thèse réside dans la mise à disposition de l'outil numérique de conception avec accès libre, afin qu'il puisse être largement utilisé.

Pour les **travaux futurs**, il est entendu que l'outil peut être utilisé dans d'autres situations de conception plus spécifiques, avec des publics diversifiés et d'autres domaines de travail, étant donné que les possibilités sont larges. Par exemple, par les étudiants dans les cycles de l'enseignement supérieur en Architecture et Urbanisme, axés sur le développement de la communication visuelle des environnements bâtis ; par les étudiants dans les cycles de l'enseignement supérieur en Ingénierie ou par les professionnels de l'Architecture, du Design Industriel ou de l'Ingénierie qui se consacrent au développement de produits numériques, le développement de technologies d'assistance pour les applications les plus diverses. En ce sens, d'autres études en continuité avec celle-ci peuvent être encouragées, dans le but d'élargir et d'améliorer le travail déjà développé.

Dans le **prolongement de cette recherche**, il est prévu d'apporter les ajustements signalés en fonction de la perception des participants de la collecte de données relative au prototype haute-fidélité, en améliorant la systématisation de l'utilisation de l'outil, en poursuivant ainsi son perfectionnement, en élargissant avec un plus grand nombre de participants la possibilité future de sa validation.

Il est également envisagé de poursuivre les études sur les 3 thèmes abordés dans cette recherche (« Systèmes Sensoriels », « Utilisabilité » et « CU ») afin d'élargir sa portée avec des outils complémentaires dans des phases distinctes du parcours de conception formant une boîte à outils (toolkit) pour soutenir une éventuelle méthode adjacente d'approche centrée sur l'utilisateur.

BIBLIOGRAPHIE PERSONNELLE

Link do currículo Lattes Brasil: <http://lattes.cnpq.br/1154915404556008>

COMMUNICATIONS RELATIVES AU PRESENT TRAVAIL DE RECHERCHE

DA SILVA, Renato FONSECA LIVRAMENTO; LEÃO COSTA, Angelina DIAS ; THOMANN, Guillaume. Design tool based on Sensory Perception, Usability and Universal Design. *PROCEDIA CIRP*, v. 84, p. 618-623, 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.272>

Renato FONSECA LIVRAMENTO DA SILVA, Angelina DIAS LEÃO COSTA , Guillaume THOMANN. Taking into account users' perceptions in the design process: Principles to create a digital design tool. 10th International Joint Conference on Mechanics, Design Engineering and Advanced Manufacturing, JCM 2020. Aix-en-Provence, France 2020.

Best Paper Award

International Joint Conference on Mechanics, Design Engineering and Advanced Manufacturing (JCM 2020), International Joint Conference on Mechanics, Design Engineering and Advanced Manufacturing (JCM 2020).

ARTICLES COMPLETS PUBLIÉS EN PÉRIODIQUES

DE SOUSA SIQUEIRA SANTOS, Mariana ; Dias Leão COSTA, Angelina ; FONSECA DO LIVRAMENTO SILVA, Renato . Percepção e Orientação de Pessoas com Deficiência Visual em Ambientes Comerciais: O que apontam os passeios acompanhados em restaurantes. *cadernos de Arquitetura e Urbanismo (PUCMG)*, v. 24, p. 94-133, 2018.

<https://doi.org/10.5752/P.2316-1752.2017v24n35p94>

NEVES, Eduardo Jorge ; SILVA, Renato Fonseca Livramento da ; PEREIRA, Leandro Lopes ; MOURA, Francisco Islard Rocha de ; FREITAS, Marllon de Oliveira ; PEREIRA, Kléber Cristiano . Walker Rehabilitation for Children with Disabilities: The Method User-centered. *Procedia Manufacturing*, v. 3, p. 6140-6145, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.771>

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; REGIS, S. N. ; MOURA, F. I. R. ; ALMEIDA, H. P. G. ; PEREIRA, K. C. S. ; MARTINS, M. . Órtese para Reabilitação de Jovens com Escoliose Idiopática. *Human Factors in Design*, v. 4, p. 112-130, 2015.

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; REGIS, S. N. ; MOURA, F. I. R. ; ALMEIDA, H. P. G. ; PEREIRA, K. C. S. ; MARTINS, M. . Órtese para Reabilitação de Jovens com Escoliose Idiopática. *Human Factors in Design*, v. 4, p. 112-130, 2015.

MEDEIROS, L. A. ; ACIOLY, A. S. G. ; SILVA, Renato Fonseca Livramento da . Design Inclusivo - uma proposta de Produto para Auxiliar a Locomoção da Criança Deficiente Visual. *Human Factors in Design*, v. 4, p. 174-191, 2015.

RAMIREZ, Alejandro Rafael Garcia ; SILVA, Renato Fonseca Livramento da ; CINELLI, Milton Jose ; Carrillo de Albornoz, Alejandro Durán . An extension of spatial and tactile sense based on Haptics. *Journal of Medical and Biological Engineering* , v. 32, p. 423-428, 2012.

Citações: 7 | 2

RAMIREZ, A. R. G. ; SILVA, Renato Fonseca Livramento da . Locomoção independente: contribuição aos programas de orientação e mobilidade. *Informática na Educação (Impresso)*, v. 15, p. 183-197, 2012.

RAMIREZ, A. R. G. ; SILVA, Renato Fonseca Livramento da . Bengala eletrônica. *Revista SODEBRAS*, v. 4, p. 43, 2009.

CHAPITRES DE LIVRE PUBLIÉS

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; MOURA, J. L. ; PEREIRA, L. L. . Shape Protético para membros superiores. In: Diogo Pontes Costa; Francisco Islard Rocha Moura; Marivaldo Wagner Sousa Silva; Raissa Albuquerque dos Anjos; Redlhey Michael Andrade Maciel. (Org.). *Dezingn 11 caminhos projetuais do Design*. 1ed. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2019, v. 1, p. 51-60.

COSTA, A. D. L. ; SILVA, Renato Fonseca Livramento da . O desafio de pensar a acessibilidade no ambiente universitário: o percurso do grupo de trabalho acessibilidade arquitetônica. In: Daxenberger, Ana Cristina Silva; Polia, Andreza Aparecida.. (Org.). *Inclusão do discurso às práticas educacionais*. 1ed. Curitiba/PR: Appris, 2018, v. 1, p. 67-76.

RAMIREZ, Alejandro Rafael Garcia ; Gonzalez-Carrasco, Israel ; Jasper, Gustavo Henrique ; Lopez, Amarilys Lima ; LIVRAMENTO da SILVA, Renato Fonseca ; Crespo, Angel Garcia . Towards Visually Impaired Autonomy in Smart Cities. *Advances in Human and Social Aspects of Technology*. 55ed.: IGI Global, 2017, v. , p. 341-365.

[DOI: 10.4018/978-1-5225-1944-7.ch018](https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1944-7.ch018)

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; RAMIREZ, Alejandro Rafael Garcia . Contribution to Mobility and Orientation Teaching Programs: Assistive Technology Equipment and Tests Methodology. In: Maria Manuela Cruz-Cunha; Isabel Maria Miranda ; Patricia Gonçalves (Org).. (Org.). *Handbook of Research on ICTs for Human-Centered Healthcare and Social Care Services*. 1eded. Hershey: IGI Global, 2013, v. v. 2, p. 670-686.

[DOI: 10.4018/978-1-4666-3986-7.ch035](https://doi.org/10.4018/978-1-4666-3986-7.ch035)

LIVRAMENTO da SILVA, Renato Fonseca; COSTA, ANGELINA DIAS LEÃO . PERCEPÇÃO SENSORIAL, DESIGN UNIVERSAL E USABILIDADE SOB A ÓTICA DA PRÁTICA PROJETUAL CENTRADA NO USUÁRIO. In: VII Encontro Nacional de Ergonomia do Ambiente Construído / VIII Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral, 2018, Fortaleza. Blucher Design Proceedings. São Paulo: Editora Blucher, 2018. v. 4. p. 406-417.

DOI: 10.5151/eneac2018-030

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; NEVES, E. J. ; FREITAS, M. O. ; ESCARIO, A. C. ; SANTOS, F. D. . TAAC: Terminal de autoatendimento adaptável à cadeirantes. In: Idemi-2015 Fourth International Conference on Integration of Design, Engineering and Management for innovation., 2015, Florianópolis. Idem-2015. Florianópolis: Idemi, 2015. v. 1. p. 1917-1928.

MOURA, F. I. R. ; NEVES, E. J. ; LIVRAMENTO da SILVA, Renato Fonseca ; FREITAS, M. O. ; PEREIRA, K. C. S. . Andador para reabilitação de crianças com deficiência. In: 1o Simpósio Interdesigners, 2014, Bauru. 1o Simpósio Interdesigners. Bauru: 1o Simpósio Interdesigners, 2014. v. 1. p. 05-287.

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; BRITO, A. J. ; SANTOS NETO, J. I. . Breve paralelo entre o Funcionalismo Antropológico e a Metodologia para Projeto de Produto. In: P&D Design 2012 São Luiz - MA - Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2012, São Luiz. Anais do X Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design: 10 - 13 de Outubro de 2012/Organização, raimundo Lopes Diniz; Denilson Moreira Santos s. São Luiz - MA: P&D Design 2012, 2012. v. 1.

MEDEIROS, L. A. ; ACIOLY, A. S. G. ; SILVA, Renato Fonseca Livramento da . Análise de produtos que auxiliam na locomoção da criança deficiente visual em sua fase inicial de aprendizado do andar. In: IDEMi. Conferência Internacional de Design, Engenharia e Gestão para a inovação, 2012, Florianópolis - SC. Idemi 2012. Florianópolis: Idemi 2012, 2012. v. 1.

RAMIREZ, A. R. G. ; SILVA, Renato Fonseca Livramento da ; Cinelli, Milton José ; Livramento da Silva, Renato Fonseca . An Extension of Spatial and Tactile Perception based on Haptics. In: ISSNIP Biosignals and Biorobotics conference 2011, 2011, Vitória - ES. ISSNIP biosignals and Biorobotics, 2011. v. A2. p. 01-05.

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; GOMEZ, Luiz. Salomão. Ribas. . Design de produto integrado ao projeto urbano: avaliação do projeto bengala longa eletrônica. In: P&D - 9º Congresso brasileiro de pesquisa e desenvolvimento em design 2010, 2010, São Paulo. P&D - 9º Congresso brasileiro de pesquisa e desenvolvimento em design 2010. São Paulo: AEND - Brasil Associação de Ensino e Pesquisa de Nível Superior em Design do Brasil, 2010. v. 1. p. 4691-4702.

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; GOMEZ, Luiz. Salomão. Ribas. . Design de produto integrado ao projeto urbano: avaliação do projeto de tecnologia assistiva "bengala longa eletrônica" e sua contribuição para a inclusão do deficiente visual em espaço urbano aberto.. In: 10º ERGODESIGN ? Anais do 10º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de, 2010, Rio de Janeiro - RJ. Anais X Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano - Tecnologia: produto, informação, ambiente construído, transporte e X Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de interfaces e Interação Humano - Computador. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2010. v. 1.

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; GOMEZ, Luiz. Salomão. Ribas. . Uma proposta de experimento para avaliação do equipamento de tecnologia assistiva ?bengala longa eletrônica?.. In: V CIPED - Congresso Internacional de Pesquisa em Design, 2009, Baurú - SP. Congresso Internacional de Pesquisa em Design (CIPED), 2009.

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; RAMIREZ, A. R. G. . Bengala longa eletrônica: Uma proposta de equipamento de tecnologia assistiva para deficientes visuais.. In: V CIPED - Congresso Internacional de Pesquisa em Design, 2009, Baurú - SP. Congresso Internacional de Pesquisa em Design (CIPED), 2009.

ELY, V. H. M. B. ; SERPA GOUVEIA, F. B. ; PEZZINI, Marina. ; SILVA, Renato Fonseca Livramento da . Avaliação da Acessibilidade ao Teatro Álvaro de Carvalho. In: 8º Ergodesign - 8º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano - Tecnologia: Produtos, Informação, Ambiente Construído, Transporte, 2008, São Luís, MA. Anais de resumo do VIII Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade, 2008, São Luís - MA. 8º Ergodesign - 8º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano - Tecnologia: Produtos, Informação, Ambiente Construído, Transporte, 2008, São Luís, MA. Anais de resumo do VIII Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade. São Luís - MA: Universidade Federal do Maranhão, 2008. v. 01. p. 01-102.

ELY, V. H. M. B. ; SILVA, Renato Fonseca Livramento da ; PEZZINI, Marina. ; SILVEIRA, Francisco . Métodos para uma avaliação ambiental em função do usuário. In: XV Congresso Brasileiro de Ergonomia, VI Fórum Brasileiro de Ergonomia e III ABERGO JOVEM - III Congresso Brasileiro de Iniciação Científica, 2008, 2008, Porto Seguro - BA. Anais do XV Congresso Brasileiro de Ergonomia, VI Fórum Brasileiro de Ergonomia e III ABERGO JOVEM - III Congresso Brasileiro de Iniciação Científica, 2008, 2008. v. v. 1. p. 101-106.

RESUMES ETENDUS PUBLIES DANS LES ANNALES DE CONGRES

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; GOMEZ, Luiz. Salomão. Ribas. . A Contribuição do Design no Deslocamento do Deficiente Visual em Espaços Urbanos Abertos Construídos.. In: P&D Design 2008 Oitavo Congresso Brasileiro de Pesquisa & Desenvolvimento em Design, 2008, São Paulo. P&D Design 2008 Oitavo Congresso Brasileiro de Pesquisa &

Desenvolvimento em Design. São Paulo: P&D Design 2008 Oitavo Congresso Brasileiro de Pesquisa & Desenvolvimento em Design, 2008. p. 174-174.

RESUMES PUBLIES DANS LES ANNALES DE CONGRES

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; MOURA, FRANCISCO ISLARD ROCHA DE . DESIGN PARA TODOS: ESTUDOS SOBRE ABORDAGEM INCLUSIVA E ACESSIBILIDADE. In: 12º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2016, Belo Horizonte. Blucher Design Proceedings. São Paulo: Editora Blucher, 2016. v. 2. p. 5599-5600.

DOI: 10.5151/despro-ped2016-0521

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; MOURA, F. I. R. ; PEREIRA, KLÉBER CRISTIANO ; ALMEIDA, H. P. G. ; MARTINS, M. . Órtese para reabilitação de jovens com escoliose idiopática. In: IDEMI 2015 IV Internacional Conference on Integration of Design, Engineering and Management for Innovation, 2015, Florianópolis/SC. IDEMI 2015. Florianópolis: IDEMI, 2015. p. 1854-1854.

MEDEIROS, L. A. ; Acioly, Angélica Galdino de Souza ; SILVA, Renato Fonseca Livramento da . Design Inclusivo: Uma proposta de produto para auxiliar a locomoção da criança deficiente visual. In: IDEMI 2015 IV Internacional Conference on Integration of Design, Engineering and Management for Innovation, 2015, Florianópolis/SC. IDEMI 2015. Florianópolis: IDEMI, 2015. p. 1792-1792.

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; SILVA, Taise. Natalí. Chaves. . Uma proposta de jogo educativo para ensino da língua inglesa a crianças com deficiência visual. In: P&D Design 2012 São Luiz - MA - Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2012, São Luiz. Anais do X Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design: 10 - 13 de Outubro de 2012/Organização, Raimundo Lopes Diniz; Denilson Moreira Santos s. São Luiz - MA: P&D Design 2012, 2012. v. 1.

BREVETS ET MARQUES

SILVA, Renato Fonseca Livramento da. Bengala eletrônica. 2006, Brasil.

Patente: Desenho Industrial. Número do registro: MU 8601042-5, data de registro: 21/03/2006, título: "Bengala eletrônica" , Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Instituição(ões) financiadora(s): MCT/FINEP.

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; CINELLI, Milton Jose ; RAMIREZ, A. R. G. . Configuração aplicada a/em empunhadura de bengala. 2019, Brasil.

Patente: Desenho Industrial. Número do registro: BR302018002981-0, data de registro: 05/02/2019, título: "Configuração aplicada a/em empunhadura de bengala" , Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Instituição(ões) financiadora(s): Fundação Universidade do Vale do Itajaí (BR/SC).

SILVA, Renato Fonseca Livramento da; RAMIREZ, A. R. G. ; CINELLI, Milton Jose ; IRIGOITE, Adriano Mansur ; Lopez,Amarilys Lima ; Velozo,Sérgio ; LOPEZ, A. L. . Bengala Longa Eletrônica. 2010, Brasil.

Patente: Marca Registrada de Produto. Número do registro: 903036916, título: "Bengala Longa Eletrônica" , Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

BIBLIOGRAPHIE RELATIVE AU MANUSCRIT

- ALVAREZ, Juan Guillamón. La accesibilidad, reto profesional y exigência social. **Revista Ingeniería y Territorio**, Barcelona, n. 63, 2003.
- ARCHER, Bruce. **Systematic method for designers**. The Design Council: London, 1965.
- ASIMOW, Morris. **Introduction to design**. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1962.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- BAILEY, Robert W. **Human performance engineering: desining high quality, professional user interfaces for computer products, applications, and systems**. New Jersey: Prentice-hall. 1996.
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.
- BERNARDI, Núbia et al. **O desenho universal no processo de projeto**. In: KOWALTOWALSKI, Dóris Catherine Cornélie Knatz et al. O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, p. 222-243. 2011.
- BINS ELY, Vera Heleno Moro. Acessibilidade espacial: condição necessária para projeto de ambientes inclusivos. In: MORAES, Anamaria de (org.). **Ergodesign do ambiente laboral**. Rio de Janeiro: IUaER. p. 17-40. 2004.
- BISPO, Renato. **A formação como estratégia fundamental: experiências de ensino do design inclusivo em Portugal**. Lisboa: Centro Português de Design, 2006.
- BOISADAN, Andréa. **Conception universelle pour une signalétique intuitive et accessible à tous**. Thèse de doctorat en Ergonomie, École doctorale 261 « Cognition, Comportements, Conduites Humaines » Laboratoire Adaptations, Travail, Individu. Université Paris Descartes. Paris. 2018.
- BOMFIM, Gustavo Amarante. **Metodologia para desenvolvimento de projetos**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 1995.
- BONSIEPE, Gui. **Design como prática de projeto**. São Paulo: Edgard Blücher, 2012.
- BONSIEPE, Gui. **Design do material ao digital**. Florianópolis: Fiesc/IEL,1997.
- BONSIEPE, Gui. **Teoria y practica del diseno industrial**. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.
- BORUCKA, Sound **art and architecture: new horizons for architecture and urbanism**. Procedia - Social and Behavioral Sciences v.174. p.3903 – 3908. 2015.
- BOWEN, DURRANT, NISSE. **The value of designers' creative practice in complex collaborations**. Design Studies. V.46. p. 174-198. 2016.
- BROWN, Tim. **Change by design: how design thinking transforms organizations and inspires innovation**. New York: Harper Collins, 2009.
- BROWN, Tim. Design thinking. **Harvard Business Review**, p. 1-10, 2008. Disponível em: <<https://fusesocial.ca/wp-content/uploads/sites/2/2018/06/Design-Thinking.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.
- BÜRDEK, Bernhard. **Design: história, teoria e prática do design de produtos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- CAMBIACHI, Silvana. **Desenho universal: método e técnicas para arquitetos e urbanistas**. São Paulo: Senac São Paulo, 2007.
- CARLIN, Fernanda. **Acessibilidade espacial em shopping centers: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- CARRON, Maxime, **Méthodes et Outils pour Définir et Véhiculer une Identité Sonore: Application au design sonore identitaire de la marque SNCF**. Thèse de doctorat de Sciences Cognitives. 2016.
- CASTILLO, Karina Graciela. **Criteria de diseño polisensorial aplicables en la arquitectura habitacional en la ciudad de Loja**. Tese (Doutorado) – Universidade de Loja, Ecuador, 2009.
- CENTER FOR UNIVERSAL DESIGN (CUD). **Universal design: product evaluation countdown**. Raleigh: North Carolina State University, 2002.

- CHARRIER Marjorie. **Ergonomie et design dans une démarche de conception de produits centrée sur les besoins des personnes**. These de Doctorat. Génie civil. Université de Technologie de Belfort-Montbeliard, France. 2016.
- CHAUÍ, Marilena. **Convite à filosofia**. São Paulo: Ática, 1995.
- COLEMAN, R. **The case for inclusive design e an overview**, in: Proceedings of the 12th Triennial Congress of the International Ergonomics Association, International Ergonomics Association, Toronto, August 15-19, 1994.
- CONNELL, Bettye Rose et al. **The principles of universal design**. Center for Universal Design. 1997. Disponível em: <http://www.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_ud/udprinciplestext.htm>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- CROSS, Nigel. A history of design methodology. In: VRIES, Marc J. de; CROSS, Nigel; GRANT, D. P. (ed.). **Design methodology and relationships with science**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 15-27. 1993.
- CRESWELL, J. W. **Research Design: qualitative, quantitative and mixed methods approaches**. 4a ed. Los Angeles: SAGE Publications, 2014.
- CRUZ, Vanessa Carla Duarte Santos. **Design inclusivo**: projeto para o desenvolvimento de uma ajuda técnica numa perspectiva de design inclusivo. Dissertação (Mestrado) – Universidade da Beira Interior, Covilhã - Portugal, 2010.
- CUD. The Center for Universal Design. **A guide to evaluating the universal design performance of products**. Raleigh, North Carolina State University. 2003. Disponível em: <https://www.ncsu.edu/ncsu/design/cud/pubs_p/docs/UDPMD.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- CUD. The Center for Universal Design. **The Principles of Universal Design**, Version 2.0. Raleigh, North Carolina State University. 1997. Disponível em: <https://www.ncsu.edu/ncsu/design/cud/pubs_p/docs/poster.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2018.
- DE ANDRADE, Max L. V. X. et al. **O processo e os métodos**. In: KOWALTOWALSKI, Dóris Catherine Cornélie Knatz et al. O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 80-99.
- D. DAL PALÙ et al., **Multisensory Design**: Case Studies, Tools, and Methods to Support Designers. Applied Sciences and Technology, p.31-46, 2018.
- DE MORAES, Dijon. **Metaprojeto: o design do design**. São Paulo: Blucher 2010.
- DESIGN COUNCIL. **Eleven lessons: managing design in eleven global brands**. Design Council. Londres, p.p. 144. 2007
- DESIGN COUNCIL. **The Value Of Design Factfinder**: Disponível em: https://www.designcouncil.org.uk/sites/default/files/asset/document/TheValueOfDesignFactfinder_Design_Council.pdf. Acesso em: 20 fev. 2018.
- DIAS, Maria Regina Álvares. **Percepção dos materiais pelos usuários**: modelo de avaliação Permatius. Tese (Doutorado em Engenharia de Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- DI RUSSO, Stefanie. **Understanding the behaviour of design thinking in complex environments**. Thesis (for the degree of Doctor of Philosophy) – Swinburne University of Technology, Melbourne, 2016.
- DISCHINGER, Marta. **Design for all senses**: accessible spaces for visually impaired citizens. Theses (for the degree of Doctor of Philosophy) – Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden, 2000.
- DISCHINGER, Marta; BINS ELY, Vera Helena Moro; PIARDI, Sônia Maria Demeda Groisman. **Promovendo acessibilidade espacial nos edifícios públicos**: programa de acessibilidade às pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida nas edificações de uso público. Florianópolis: Ministério Público do Estado de Santa Catarina, 2012.
- DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JUNIOR, José Antonio Valle. **Design science research**: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- DUBBELRY, Hugh. **How do you design?** (18 mar. 2005). Disponível em: <<http://www.dubberly.com/articles/how-do-you-design.html>>. Acesso em: 20 jul. 2018.
- DUDCOSCHI JUNIOR, Amaury. **Ferramentas para a concepção de audiogames acessíveis**. Curitiba, Dissertação (Mestrado em Design) – Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná, 2018.

- DUMAS, J.S. e REDISH, J. C. **A practical Guide to Usability Testing**. Exeter, UK: Intellect. 1999.
- DAALHUISEN, J. J. **Method Usage in Design. How methods function as mental tools for designers**. Thesis (Doctored Industrial Design Engineering) – TU Delft, Delft University of Technology, Product Innovation Management, Delft, 2014.
- EL MARGHANI, Viviane. **Modelo de processo de design no nível operacional**. Tese (Doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2010.
- FELIPPE, João Álvaro de Moraes; FELIPPE, Vera Lúcia Leme Rhein. **Orientação e mobilidade**. São Paulo: Laramara – Associação Brasileira de Assistência ao Deficiente Visual, 1997.
- FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FLETCHER, V.; CROLIUS, W. A.; HARADA, F. J. B. **Improving Senior Ridership on Public Transit: An Approach to working with User/Experts to Review the Public Transportation for the City of Cambridge/MA with Emphasis on Universal Design**. 2015 Universal Design Symposium. NC State College of Design 2015.
- FONSECA, Jairo Simon da; MARTINS, Gilberto de Andrade. **Curso de estatística**. São Paulo: Atlas, 2010.
- FONTOURA, Antônio Martiniano. **As manifestações pós-modernistas no desenho industrial e suas repercussões no ensino do projeto de produto**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 1997.
- FRANCO, Sérgio A. S. Gestão e design universal. **Design Inclusive**, Lisboa, ano 9, n. 23/24, p. 86-87, 2001.
- GARCIA, Lucas José. **Modelo produto-usuário: uma ferramenta de avaliação da adequação produto-usuário para gestão de projetos**. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- GEHL, Jan. **Cidades para pessoas**. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- GIBSON, James J. **The senses considered as perceptual systems**. Boston: Houghtan Mifflin Company, 1966.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GOMES, Luiz Vidal Negreiros. **Criatividade: projeto, desenho, produto**. Santa Maria: sCHDs, 2001.
- GOMEZ, Luiz Salomão Ribas. **Os 4p's do design: uma proposta metodológica não linear de projeto**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- GRANDEJEAN, Etienne. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- GUTIÉRREZ, Patricio Andrés Avendaño; ZÚÑIGA, Sara Elena Barahona. **Desarrollo psicomotor y procesamiento sensorial de niños con vulnerabilidad de derechos en un centro de intervención del Sename**. Tesis (Licenciatura en Kinesiología) – Universidad de Chile, Santiago, Chile 2010.
- HALL, Edward T. Mecanismos de espaçamento entre os animais. In: **A dimensão oculta**. Tradução Sônia Coutinho. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.
- HARADA, Fernanda Jordani Barbosa et al. **O design centrado no humano aplicado: a utilização da abordagem em diferentes projetos e etapas do design**. **Revista D.: Design, Educação, Sociedade e Sustentabilidade**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 87-107, 2016.
- HENDRIK, SCHIFFERSTEIN, DESMET. **Tools to facilitate multisensory product design**. *The Design Journal an International Journal for All Aspects of Design*. 11:2, 137-158, 2008.
- HERSH, M. A.; JOHNSON, M. A. On modelling assistive technology systems - Part 2: Applications of the comprehensive assistive technology model. **Technology and Disability**, v. 20, n. 4, p. 251-270, 2008.
- HERSH, M., & JOHNSON, M. A. **Assistive technology for visually impaired and blind people**. Glasgow, UK: Springer. 2010.
- HEYLIGHEN, HERSENS. **Ways of not knowing**. What designers can learn about blind people's space. *Journal of Urban Design* Vol. 19, No. 3, 317–332. 2014.
- HERSENS, Jasmien. **Design(ing) for more: towards a global design approach and local methods** (2013). Disponível em:

- <https://www.researchgate.net/publication/268686968_Designing_for_more_towards_a_global_design_approach_and_local_methods>. Acesso em: 23 jul. 2018.
- HERSENS, Jasmien. **Designing architecture for more: a framework of haptic design parameters with the experience of people born blind.** Hasselt: University Hasselt, 2011.
- HEYLIGHEN, Ann; VAN DER LINDEN, Valerie; Iris VAN STEENWINKEL. **Ten questions about the inclusive design of the built environment.** Building and Environment v. 114. p.507e517. 2017.
- HWANG, Dongwook, PARK, Woojin. **Project Heuristics Set for X: Design Assistance for Assistive Product Concept Generation.** Design Studies, 58 . p. 89-126. 2018.
- IIDA, Itiro; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia: projeto e produção.** 3 ed. revista. São Paulo (SP): Blucher, 2016.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 9241-11. **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs).** Part 11: guidance on usability. Geneva: International Organization for Standardization, 1998.
- ISO 9241, Parte 210. **Projeto centrado no ser humano para sistemas interativos.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT, 2011.
- JACQUES, J. J.; SANTOS, R. F. do. **O Painel Semântico como Ferramenta no Desenvolvimento de Produtos.** Anais V CIPED, Bauru, p.531-538, 2009.
- JONES, Christopher. **Métodos de diseño.** Barcelona: Gustavo Gili, 1976.
- JORDAN, Patrick. **An introduction to usability.** London: Taylor & Francis, 1998.
- KARSENBERG, Hans et al. **A cidade ao nível dos olhos: lições para o plinths.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2015.
- KELLEY T., LITTMAN J. **The ten faces of innovation: IDEO's strategies for defeating the devil's advocate and driving creativity throughout your organization.** Doubleday Publishing, New York. 2005.
- KRIPPENDORFF, Klaus. **Design centrado no ser humano: uma necessidade cultural.** Estudos em Design, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 87-88, 2000.
- KOWALTOWSKI et al. **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 07-19, abr./jun.2006.
- KOWALTOWSKI, Doris C.C.K. et al. **O processo de projeto em arquitetura da teoria à tecnologia.** São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- KUMAR, Vijay. **101 Design Methods: A Structured Approach for Driving Innovation in Your Organization.** Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.
- LALLEMAND, Carine; GRONIER, Guillaume. **Méthodes de design UX: 30 méthodes fondamentales pour concevoir des expériences optimales.** 2. ed. Paris: Eyrolles, 2018.
- LANTHELME, Elvira et al. **Arquitetura inclusiva: a planta tátil como instrumento de projeto colaborativo com portadores de deficiência visual.** SIGraDi 2016, XX Congresso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital 9-11, Novembro, 2016 - Buenos Aires, Argentina.
- LANUTTI, Jaminlle Noretza de Lima; PASCHOARELLI, Luis Carlos. **Avaliação de produto de uso cotidiano por meio de critérios de usabilidade: espremedores de fruta.** Human Factors in Design, v. 4, n. 7, p. 3-15, 2015.
- LAWSON, Bryan. **Como os arquitetos e designers pensam.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LAVILLE, Antoine. **Ergonomia.** São Paulo: E.P.U., 1977.
- LEONE, antonnone. **Design proposta de ferramenta em design digital para a inclusão do surdo* na educação básica do ensino brasileiro.** Dissertação de (Mestrado) Programa de Pós- Graduação em Design, linha de pesquisa: Design, Cultura e Sociedade. Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- LIN, WU. **Practicing universal design for the actual hand tool design process.** Applied Ergonomics v. 50, p. 8-18, 2015.
- LOBACH, Bernd. **Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais.** São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

- LORA, Tomázia Dirce Peres. Descobrimo o real papel das outras percepções, além da visão, para a orientação e mobilidade. In: BRASIL. **Orientação e mobilidade**: conhecimentos básicos para a inclusão do deficiente visual. Brasília: MEC/SEESP, p. 58-67. 2003.
- LORENTZEN, HEDVALL. **Bringing human diversity to design processes through empathic modeling**. Transforming our World Through Design, Diversity and Education/vol. 256 of Studies in Health Technology and Informatics. 2018.
- LYNCH, Kevin. **A imagem da cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.
- MALLIN, Sandra Sueli Vieira. **Uma metodologia de design aplicada ao desenvolvimento de tecnologia assistiva para portadores de paralisia cerebral**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004.
- MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. São Paulo. Edusp, 2008.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- MAGGIONI, COBDEN, OBRIST. **OWidgets: A toolkit for designing the smell-based experience**. International Journal of Human-Computer Studies 130. p.248–260, 2019.
- MARTIN, Bella; HANINGTON, Bruce. **Universal Methods of Design**. 100 ways to Research Complex Problems, Develop Innovative Ideas, and Design Effective Solutions. Rock port Publishers. Unidet States of America. 2012.
- MARTINS, Rosane Fonseca; LIN, Julio Carlos de Souza Van Der. **Pelos caminhos do Design**: metodologia de projeto. Londrina: Eduel, p. 297-325. 2012.
- MAUDET, Nolwenn, **Designing Design Tools**. Human-Computer Interaction [cs. HC]. Doctoral thesis submitted at the, Université Paris- Saclay, France 2017.
- MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. **Metodologia para a prática projetual do design com base no projeto centrado no usuário e com ênfase no design universal**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- MERLEAU-PONTY, Maurice. **Fenomenologia da percepção**. São Paulo: Martins Fontes, 1996.
- M. J. de Vries et. al. (eds.), **HISTORY OF DESIGN METHODOLOGY**. Design Methodology and Relationships with Science, 15-27 Kluwer Academic Publishers.1993.
- MONA, Pedro. **Pensar as coisas até as últimas conseqüências**: Jorge Pacheco e o Ensino do Design Universal. Design Inclusive, Cadernos de Design Anuário, Centro Português de Design, Lisboa, ano 9, n. 23/24, p. 84-85, 2001.
- MONACHE, Delle Stefano; ROCCHESO, Davide; BEVILACQUA, Frédéric; LEMAITRE, Guillaume; BALDAN, Stefano; CERA, Andrea. **Embodied sound design**. International Journal of Human-Computer Studies v.118. p.47–59. 2018.
- MORAES, Ana Maria de; FRISONI, Bianka Cappucci (org.). **Ergodesign**: produtos e processos. Rio de Janeiro: 2AB, 2001.
- MORAES, Dijon de. **Metaprojeto**: o design do design. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.
- MOZOTA, B. B; KLÖPSCH, Cassia; COSTA, Filipe C. X. **Gestão do design**: usando o design para construir valor de marca e inovação corporativa. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas**. Lisboa: Edições 70, 2014.
- MUSSI, Andréa Quadrado et al. **Arquitetura inclusiva: a planta tátil como instrumento de projeto colaborativo com portadores de deficiência visual**. SIGraDi 2016, XX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital 9-11, November, Buenos Aires, Argentina.p.387-393. 2016.
- NIELSEN, Jakob. **Usability engineering**. Morgan Kaufmann: San Francisco, 1993.
- NIEMEYER, Lucy. **Design atitudinal**: uma abordagem projetual. In: Mont’alvão, Cláudia; DAMAZIO, Vera (org.). Design, ergonomia e emoção. Rio de Janeiro: Mauad X/Faperj, p. 49-64. 2008.
- NOEBAUER, Marlise Paim Braga. **A Voz Do Usuário**: Métodos Para Processos Participativos De Projeto Em Arquitetura e Urbanismo (Dissertação de mestrado) submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

- e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo. 2016.
- NORMAN, Donald A. **The design of everyday things**. New York: Basic Books, 2013.
- NORMAN, Donald A. **Human-centered design considered harmful**. XII.4. 2005. p.1-5. Disponível em: <https://interactions.acm.org/archive/view/july-august-2005/human-centered-design-considered-harmful>. Acesso em: 10 fev. 2018.
- OKAMOTO, Jun. **Percepção ambiental e comportamento: visão holística da percepção ambiental na arquitetura e na comunicação**. São Paulo: Mackenzie, 2002.
- PAHL, Gerhard et al. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- PAIVA, Rodrigo Balestra Ferreira de. **Design e emoção: conceitos fundamentais**. In: ARRUDA, Amilton J. V.; FERROLI, Paulo Cesar Machado; LIBERLOTTO, Lisiane Ilha (org.). *Ensaio sobre design, cultura e tecnologia: design, artefatos e sistema sustentável*. São Paulo: Edgard Blücher, p.12-34. 2018.
- PALLASMAA, Juhani, **The eyes of the skin: architecture and the senses**. London: Wiley- Academy Press, 2005.
- PAZMINO, Ana Veronica. **Como se cria: 40 métodos para designers de produtos**. São Paulo: Blucher, 2015.
- PEZZINI, Marina Ramos. **Contribuição do design centrado no humano para o projeto do mobiliário doméstico em apartamentos compactos**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- PICHLER, Rosimeri Franck. **USER-CAPACITY TOOLKIT** conjunto de ferramentas para guiar equipes multidisciplinares nas etapas de levantamento, organização e análise de dados em projetos de Tecnologia Assistiva. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.
- PINHEIRO, Tennyson et. al. **Design Thinking Brasil: empatia, colaboração e experimentação para pessoas, negócios e sociedade**. Curitiba. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 5. n.8. p. 25-43, 2017.
- POSTMA, Carolien et al. **Challenges of Doing Empathic Design: Experiences from Industry**. International Journal of Design. 6(1), p.59-70, 2012
- PRATT, Andy; NUNES, Jason. **Diseño inter-activo Teoría y Aplicación del DCU**. Barcelona: Editorial Océano, S.L, 2013.
- PREECE, Jennifer; ROGERS, Yvonne; SHARPS, Helen. **Interaction design: beyond human– computer interaction**. New York: John Wiley & Sons, 2005.
- PROSHANSKY, Harold M., ITTELSON, William H. RIVLIN, Leanne G. **Environmental Psychology: man, and his physical setting**. Graduate division. The city University of New York.1970.
- PULLIN, Graham. **Design meets disability**. Cambridge: MIT Press, 2009.
- RHEINGANTZ, Paulo Afonso. et al. **Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação/ -- Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pós - Graduação em Arquitetura, 2009.**
- ROCCHESO, Davide; DELLE MONACHE; S. Papetti. **Multisensory texture exploration at the tip of the pen**. Computer Studies 85. 47-56. 2016.
- ROCCHESO, Davide; DELLE MONACHE, Stefano; BARRAS, Stephen. **Interaction by ear**. International Journal of Human-Computer Studies 131 152–159. 2019.
- RUBIN, Jeffrey; CHISNELL, Dana. **Handbook of usability testing second edition: how to plan, design, and conduct effective tests**. Indianapolis: Wiley Publishing. 2008.
- SAMPIERI, Roberto Hernandez; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia de pesquisa**. Porto Alegre: Penso, 2013.
- SANOFF, Henry. **Community participation methods in design and planning**. John Wiley & Sons, Inc. New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto 2000.
- SANTOS, Aguinaldo dos; KISTMANN, Virgínia; ONO, Maristela. Modelo de referência para a estrutura de capítulos de dissertações e teses. In: WESTIN, Denise; COELHO, Luiz Antônio (org.). **Estudo e prática de metodologia em design nos cursos de pós-graduação**. Rio de Janeiro: Novas Ideias, p. 122-155. 2011.

- SANTOS, Flavio Anthero Nunes Vianna dos. **MD3E** (Método de desdobramento em 3 etapas): uma proposta de método aberto de projeto para uso no ensino de design industrial. Tese (Doutorado em Design Industrial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- SANTOS, Milton. **Espaço e método**. São Paulo: Nobel, 1985.
- SAMPIERI, Roberto Hernandez; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. Porto Alegre: Penso, 2013.
- SCHIFFERSTEIN, Hendrik N.J. **The perceived importance of sensory modalities in product usage**: A study of self-reports. *Acta Physiol (OXF)* 121(1): p. 41-64.2005.
- SCHNEIDER, Oliver; MACLEAN, Karon; WINDELLS, Colin; BOOTH, Kellogg. **Haptic Experience Design: What Haptics Do and Where They Need Help**. *International Journal of Human-Computer Studies*. v.107. p. 5–21, 2017.
- SCHULMANN, Denis. **O desenho industrial**. Campinas: Papirus, 1994.
- SERRANO, Daniel Portillo. **Percepção e o processo de compra (2000)**. Disponível em: <<http://www.portaldomarketing.com/artigos/percepção.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2009.
- SEVCENKO, Nicolau. **A corrida para o século XXI**: no loop da montanha-russa. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- SILVA, Carina Scandolara da. **Design Conectivo**: uma ferramenta sistêmica para identificação, mensuração, representação e avaliação de interações. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Programa de Pós-Graduação em Design, Florianópolis, 2018.
- SIMÕES, Jorge Falcato. **Homem médio ou diversidade humana**: experiências de ensino do design inclusivo em Portugal. Lisboa: Centro Português de Design, 2006.
- SIMÕES, Jorge Falcato; BISPO, Renato. **Design inclusivo**: acessibilidade e usabilidade em produtos, serviços e ambientes. Manual de apoio às ações de formação do projeto de design inclusivo. 2. ed. Lisboa: Centro Português de Design, 2006.
- SOBRAL, Rafaela; GUILHERME, Azevedo; MABEL, Guimarães. **Design Methods Movement**: as origens das pesquisas sobre métodos de projeto. Série [design CONTEXTO] Ensaios sobre Design, Cultura e Tecnologia, São Paulo: Blucher . p.25-37, 2017.
- STAUT, Lucy Ana Vilela, **Usabilidade universal na arquitetura**: método de avaliação baseado em heurísticas. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas/SP, 2014.
- WALLER, San et al. **Making the case for inclusive design**. *Applied Ergonomics*. Volume: 46, 2015. 297-303 p. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/applied-ergonomics>. Acesso em 10 de fevereiro de 2018.
- TORRENS, George Edward. **Appropriate Dialog for Assistive Technology Product Design**: A Taxonomy of Communication Formats in Relation to Sensory Perception Modes. *she ji The Journal of Design, Economics, and Innovation*. v 3, n 4. 2017.
- TORTOSA, Lourdes et al. **Ergonomia y discapacidad**. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia – IBV, 1999.
- TRIOLA, Mario F. **Introdução à estatística**: atualização da tecnologia. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- TSCHIMMEL, K. C. Design as a Perception-in-Action process. In: TAURA, T,; NAGAI, Y (Eds). **Design Creativity 2012 (ICDC)**. London: Springer, 2012.
- TSCHIMMEL, Katja. Design thinking as an effective toolkit for innovation. **Proceedings of the XXIII ISPIM Conference**: Action for innovation: innovating from experience. Barcelona, 2012.
- TUAN, Yi-fu. Traços comuns em percepção dos sentidos. In: **Topofilia**: um estudo de percepção, atitudes e valores do meio ambiente. Tradução Livia de Oliveira. São Paulo: Difel, p. 6-14, 1980.
- UBIERNA, José Antonio Junca. El metro de Barcelona apuesta por la accesibilidad: Hacia um metro para todos. **Revista de Obras Públicas**, n. 3.313, p. 55-59, 1992. Disponível em: <<http://ropdigital.ciccp.es/public/publicidad.php>>. Acesso em: 5 jun. 2008.

- UBIERNA, José Antonio Junca. **Um Madrid para vivir**: um Madrid accesible a todos. Del planeamiento urbano a la ejecución de proyectos y obras. Revista de Obras Públicas, n. 3.036, p. 17-30, 1996. Disponível em: <<http://ropdigital.ciccp.es/public/publicidad.php>>. Acesso em: 5 jun. 2008.
- UNGER, Russ; CHANDLER, Carolyn. **A project Guide to UX Design**, Second Edition. New Riders, Voices that matter. United States of America. 2012.
- UNIVERSITY OF CAMBRIDGE. **Inclusive design toolkit**: Exclusion Calculator. 2015. Disponível em: <<http://www.inclusivedesigntoolkit.com/betterdesign2/exclusioncalc/exclusioncalc.html>>. Acesso em: 18 out. 2018.
- VAN DER LINDEN, Júlio Carlos de Souza; LACERDA, André Pedroso. Metodologia projetual em tempos de complexidade. In: MARTINS, Rosane Fonseca de; VAN DER LINDEN, Júlio Carlos de Souza (org.). **Pelos caminhos do design**: metodologia de projeto. Londrina: Eduel, p. 83-149, 2012.
- VAN DER LINDEN, Júlio; LACERDA, André; AGUIAR, João. **A evolução dos métodos projetuais**. São Paulo: P&D Design, 2010.
- VILLAROUCO e MONT'ALVÃO, 2011. **Um novo olhar para o projeto**: a ergonomia no ambiente construído. Teresópolis: 2AB, 2011.
- VI, ABLART, GATTI, VELASCO, OBRIST. **Not only seeing but also feeling art: haptic experiences in the air integrated with a multisensory art exhibition**. Int. J. Human- Computer Studies v.108. p.1-14. 2017.
- VASANTHA, G.V. Annamalai; CHAKRABARTI, A.; CORNEY, J. **Influences of design tools on concept generation**. The 2nd International Conference on Design Creativity (ICDC2012). p. 127-136. 2012.
- WALLER, Sam, et al. **Making the case for inclusive design**, Applied Ergonomics 46, pp.297-303 (2015).
- WIU. Western Illinois University. **Universal Design**. Repositório online. Disponível em: <<http://faculty.wiu.edu/P-Schlag/articles/Universal%20Design.pdf> >. Acesso em: 23jan. 2018.
- ZAVADIL, Priscila, Da SILVA, Régio P. TCHIMMEL, Katja. **Modelo Teórico do Pensamento e Processo Criativo em Indivíduos e em Grupos de Design**. Design & tecnologia 12. URGs. 2016.
- ZBOINSKA, **Influence of a hybrid digital toolkit on the creative behaviors of designers in early stage design**. Journal of Computational Design and Engineering. v. 6. p.675-692. 2019.
- ZITKUS, Emilene, LANGDON Patrick, CLARKSON, P. John. **Gradually including potential users: A tool to counter design exclusion**. Applied ergonomics. v. 66. 105-120. 2018.

APPENDICE A : REVISION SYSTEMATIQUE

Scopus

Recherche réalisée en octobre et novembre 2019

Année	Auteur	Périodique / chapitre de livre	Titre	Objectif
2018	D. Dal Palù et al,	Applied Sciences and Technology	Conception multisensorielle : des études de cas, des outils et des méthodes pour aider les concepteurs	Offrir un aperçu des principaux outils et méthodes de conception multi-sensorielle issus de différentes disciplines.
2016	Bowen Durrant, Nisse	Design Studies	La valeur de la pratique créative des concepteurs dans les collaborations complexes	Présentez une étude de cas sur la valeur productive de la pratique créative des concepteurs dans le cadre de collaborations complexes.
2015	Hendrik N. J. Schifferstein & Pieter M. A. Desmet	The Design Journal an International Journal for All Aspects of Design	Des outils pour faciliter la conception de produits multi-sensoriels	Fournir un aperçu des outils qui peuvent aider les concepteurs à déterminer et à obtenir les formes de stimulation sensorielle souhaitées pour leurs projets
2014	Heylighen, Herssens	Journal of Urban Design	Les moyens de ne pas savoir. Ce que les concepteurs peuvent apprendre sur l'espace des personnes aveugles	Démontrer que les formes visuelles de connaissance des architectes et autres concepteurs peuvent présenter un risque considérable.

Science Direct

Enquête réalisée en octobre et novembre 2019

Année	Auteur	Périodique / chapitre de livre	Titre	Objectif
2019	Zboinska	Journal of Computational Design and Engineering	Influence d'une boîte à outils numérique hybride sur les comportements créatifs des concepteurs au stade initial de la conception	Étudier comment la diversification du répertoire des techniques de conception numérique affecte les comportements créatifs des concepteurs dans les premières étapes du projet.

2019	Maggioni, Cobden, Obrist	International Journal of Human-Computer Studies	OWidgets : une boîte à outils pour permettre la conception d'expériences basées sur l'odeur	Discute de la façon dont une boîte à outils réduit la complexité de la conception parfumée et permet une exploration créative basée sur des caractéristiques spécifiques du projet.
2018	Zitkus, Langdon, Clarkson	Applied Ergonomics	Intégrer progressivement les utilisateurs potentiels : un outil pour lutter contre les exclusions en matière de conception	Décrire un processus de développement itératif utilisé pour comprendre la pertinence de différents outils d'évaluation de la conception inclusive appliqués aux pratiques de conception.
2018	Torrens	She ji The Journal of Design, Economics, and Innovation	Dialogue Approprié pour la Conception de Produits de Technologie d'Assistance : une Taxonomie des Formats de Communication en Relation avec les Modes de Perception Sensorielle	Il analyse l'utilisation du dialogue et des formats de communication associés dans le contexte des processus de prise de décision participatifs ou de co-conception dans le développement des technologies d'assistance.
2018	Lorentzen, Hedvall	Transforming our World Through Design, Diversity and Education/vol. 256 of <u>Studies in Health Technology and Informatics</u>	Apporter la diversité humaine aux processus de conception par une modélisation empathique	Guider des processus de projet efficaces, innovants et inclusifs. Interpréter les besoins des différents utilisateurs et les utiliser comme point de départ et pour évaluer les solutions de conception pendant le processus de création.
2018	Hwang , Park	Design Studies	Ensemble d'heuristiques de conception pour X : aide à la conception pour la génération de concepts de produits assistés	Améliorer la génération du concept de produit d'assistance.
2017	Heylighen, Van der Linden, Van Steenwinkel	Building and Environment	Dix questions sur la conception inclusive de l'environnement bâti	Discuter de la pertinence, des implications et des défis de la conception inclusive par rapport à l'environnement bâti. Aborder l'environnement bâti avec une approche plus holistique de la diversité des interactions humaines et une réflexion sur l'impact humain des décisions de conception.

2017	Schneider, MacLean, Swindells, Booth	International Journal of Human-Computer Studies	Conception de l'expérience haptique : ce que fait l'haptique et où il a besoin d'aide	Analyser des entretiens avec six concepteurs professionnels pour documenter et articuler la conception de l'expérience haptique, en trouvant des thèmes à trois niveaux de portée : la nature multisensorielle des expériences haptiques, une carte de l'écosystème de collaboration et le contexte culturel de l'haptique.
2017	Vi, Ablart, Gatti, Velasco, Obrist	International Journal of Human-Computer Studies	Non seulement voir, mais aussi sentir l'art : expériences haptiques dans l'air intégrées à une exposition d'art multisensorielle	Présenter des idées et des projets de recherche obtenus grâce à une collaboration interdisciplinaire dans une exposition multisensorielle prenant en compte tous les sens (c'est-à-dire la vision, le son, le toucher, l'odorat et le goût).
2016	Rocchesso, Delle Monache, Papetti	Int. J. Human-Computer Studie	Conception sonore intégrée	Recherche des preuves de l'efficacité de l'image, du son et des vibrations comme substituts sensoriels des forces latérales dans les tâches d'exploration de la texture.
2015	Waller, Bradley, Hosking, Clarkson	Applied Ergonomics	Défendre le projet d'inclusion	Décrivez le cas de l'EDC (Design Centre) de l'Université de Cambridge, basé sur 10 ans de recherche, de promotion et de transfert de connaissances.
2015	Lin, Wu	Applied Ergonomics	Pratiquer la CU pour le processus de conception des outils à main	Proposer une méthodologie pour mettre en œuvre la CU dans le processus de projet grâce à la participation des utilisateurs
2015	Borucka	Procedia - Social and Behavioral Sciences	Art sonore et architecture : de nouveaux horizons pour l'architecture et l'urbanisme	La compréhension de l'approche interdisciplinaire en architecture peut mettre l'accent sur notre compréhension du potentiel des aspects non visuels de l'espace et stimuler la créativité architecturale.

2012	Vasantha, Chakrabarti, Corney	The 2nd International Conference on Design Creativity (ICDC2012)	Influences des outils de conception sur la génération de concepts	Comprendre les influences des outils de design conceptuel : Mobile e-Notes Taker Wacom™ Tablet and Computer with Rhinoceros™ CAD sur la représentation et la réinterprétation des concepts, pendant les phases de conception originale et de reproduction.
------	-------------------------------	--	---	--

Une sélection de thèses et de mémoires traitant de sujets liés à la recherche a été analysée avec plus d'insistance. A

La recherche a été effectuée en partie lors de la discipline Séminaire de thèse II du programme de deuxième et troisième cycle en Architecture et Urbanisme de l'UFPB pour la période 2017-2012. Il a été mis à jour en octobre et novembre 2019.

BOISADAN, Andréa. **CU pour une signalétique intuitive et accessible à tous.** Thèse de doctorat en Ergonomie, École doctorale 261 « Cognition, Comportements, Conduites Humaines » *Laboratoire Adaptations, Travail, Individu.* Université Paris Descartes. Paris. 2018.

CHARRIER Marjorie. **Ergonomie et design dans une démarche de conception de produits centrée sur les besoins des personnes.** Thèse de Doctorat. Génie civil. Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2016. France. 265 p.

DAALHUISEN, J. J. Méthode d'Utilisation en Conception. **Comment les méthodes fonctionnent comme des outils mentaux pour les concepteurs.** Mémoire (Doctorat en Génie de Conception Industrielle) - TU Delft, Université de Technologie de Delft, Gestion de l'innovation des produits, Delft, Pays-Bas, 2014.

DI RUSSO, Stefania. **Comprendre le comportement de la pensée du design dans des environnements complexes.** Thèse (pour le diplôme de docteur en philosophie) - Université de Technologie de Swinburne, Melbourne, Australie 2016.

GARCIA, Lucas José. **Modèle produit-utilisateur : un outil d'évaluation de l'adéquation produit-utilisateur pour la gestion de conceptions.** Thèse (Doctorat en Conception) - Université Fédérale de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

GUTIÉRREZ, Patricio Andrés Avendaño ; ZUÑIGA, Sara Elena Barahona **Développement psychomoteur et traitement sensoriel d'enfants vulnérables en matière de droits dans un centre d'intervention du Sename.** Thèse (Licence en kinésiologie) - Université du Chili, Santiago du Chili, 2010.

HERSSENS, Jasmien. **Concevoir l'architecture pour plus : un cadre de paramètres de conception haptique avec l'expérience de personnes nées aveugles.** Thèse de doctorat présentée à la - PHL University College-University Hasselt : Association Faculté Universiteiten et Hogescholen Limburg, Département des Arts et de l'Architecture. Hasselt, Belgique 2011.

MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. **Méthodologie pour la pratique de la conception basée sur une CCU, avec un accent sur la CU.** Thèse (doctorat en Génie de Production) - Université Fédérale de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

NOEBAUER, Marlise Paim Braga. **La voix de l'utilisateur : Méthodes pour des Processus Participatifs de Conception en Architecture et Urbanisme.** Mémoire de master soumis au Programme de deuxième et troisième cycles en Architecture et Urbanisme de l'Université Fédérale de Santa Catarina pour obtenir le diplôme de master en Architecture et Urbanisme. 2016.

PEZZINI, Marina Ramos. Contribution de la conception centrée sur l'homme au projet de mobilier domestique dans des appartements compacts. Thèse (Doctorat en Architecture et Urbanisme) - Université Fédérale de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
MAUDET, Nolwenn, Designing Design Tools. Interaction homme-machine [cs.HC]. Thèse de doctorat présentée à l'Université Paris-Saclay, France 2017.
CARRON, Maxime, Méthodes et Outils pour Définir et Véhiculer une Identité Sonore: Application au design sonore identitaire de la marque SNCF. Thèse de doctorat de Sciences Cognitives. 2016.
SILVA, Carina Scandolaro da. Conception Connective : un outil systémique pour l'identification, la mesure, la représentation et l'évaluation des interactions. Thèse (PhD) - Université Fédérale de Santa Catarina, Centre de Communication et Expression, Programme de deuxième et troisième cycles en Conception, Florianópolis, 2018.
LEONE, antonione. Proposition d'un outil de conception numérique pour l'inclusion des sourds* dans l'éducation de base dans l'enseignement brésilien. Mémoire (Master) du Programme de deuxième et troisième cycles en Conception, axe de recherche : Conception, Culture et Société. Université de l'État du Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
DUDCOSCHI JUNIOR, Amaury. Outils pour la conception de jeux audio accessibles. Curitiba, Mémoire (Master en Conception) - Secteur des Arts, de la Communication et de la Conception de l'Université Fédérale du Paraná, 2018.
PICHLER, Rosimeri Franck. USER-CAPACITY TOOLKIT ensemble d'outils pour guider les équipes multidisciplinaires dans les étapes de collecte, d'organisation et d'analyse des données dans les projets de Technologie d'Assistance. Thèse (Doctorat en Conception) - Université Fédérale de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

APPENDICE B : QUESTIONNAIRE A

Partie 1 : Caractérisation du participant

1. Âge : _____ ans
2. Sexe : () M () F
3. Formation (diplôme) : _____ Année d'obtention du diplôme: _____.
4. Occupation actuelle : _____
Depuis combien de temps exercez-vous _____ cette fonction ?
5. Dans votre activité quotidienne, **concevez-vous** ? () Oui () Non
6. Dans votre activité de conception, participez-vous aux étapes de « **créativité** » en équipe ?
() Dans la plupart des cas () Dans environ 50% du temps de travail
() Moins de 25 % du temps de travail () Très peu (moins de 5 % du temps)
7. Quel type d'**outil de créativité** utilisez-vous pendant votre activité de conception ?
8. Quels sont les aspects positifs et négatifs que vous pouvez identifier dans les outils de créativité que vous utilisez ?

POINTS POSITIFS	POINTS NÉGATIFS

Partie 2 : Sur les principaux concepts qui structurent l'outil en cours de développement

1. Considérez-vous qu'il est important d'utiliser les informations sur les **systèmes sensoriels humains (olfaction/gustatif, haptique, auditif, système d'orientation de base et visuel)** lors des étapes de **créativité** dans le développement de conceptions ? Si oui, veuillez en indiquer les raisons.

2. En ce qui concerne les principes d'**utilisabilité** et de **CU**, pensez-vous qu'il soit important de les prendre en compte dès le stade de la créativité des conceptions ?

() Oui () Non

Si oui, indiquez les raisons.

Partie 3 : À propos de l'activité du domaine de la disciplinaire

1. L'expérience a-t-elle **changé** votre façon de **penser à la conception**?

() Oui () Non

Comment ?

2. La prise en compte du fonctionnement des **systèmes sensoriels** humains, des principes d'**utilisabilité** et de **CU** dans les phases de créativité a-t-elle fait une différence dans votre perception du développement de conceptions ?

() Oui () Non

Comment ?

3. Qu'avez-vous considéré comme le **plus important** dans cette expérience ?

(Donnez note de 0 à 5, 5 étant la plus importante).

- () avoir accès à des informations sur les concepts présentés ?
- () la possibilité d'utiliser les informations contenues dans les concepts présentés lors de
- () l'élaboration d'alternatives ?
- () réflexion sur la manière de concevoir ?
- () et expérience/organisation des enseignants
- () autre _____

4. Sur l'exécution de l'activité proposée :

a) les activités ont été partagées : () Oui () Non

c) vous considerez que dans la première partie de l'accès aux concepts présentés, votre formation (profession) a influencé les questions soulevées : () Oui () Non

Si oui, faites un bref rapport comment ?

Partie 3 : À propos de la conception dans le cadre de la discipline

1. Pensez-vous que les informations que vous avez recueillies sur le terrain (auprès des utilisateurs) étaient suffisantes pour soutenir l'activité de conception proposée ? () Oui () Non

Sinon, qu'est-ce qui pourrait la compléter ?

2. En ce qui concerne l'activité de conception **centrée sur l'utilisateur**, qu'avez-vous considéré comme le plus important ?

3. Quels sont les deux mots qui viennent à l'esprit quand on pense à cette discipline ?

4. Indiquez un point positif de la discipline : _____

5. Indiquez un point négatif de la discipline : _____

Nous vous remercions de votre participation.

APPENDICE C : QUESTIONNAIRE B

This questionnaire is linked to a thesis research entitled "Tool for design practice centered on the user based on the concepts of sensory perception, usability and universal design" which is developed at the Federal University of Paraíba/UFPB/PPGAU and at INP/Grenoble/G-SCOP, under the responsibility of the researcher Renato Fonseca Livramento da Silva/UFPB who investigates his opinion about the importance of structuring themes of the research for the composition of a design tool focused on the stages of creativity.

Questionnaire B

Part 1: Characterization of the participant

1.1. Age: _____ years

1.2. Sex: () Male () Female () Other

1.3. Institution/University: _____

1.4. Level (What are you currently pursuing?) () Undergraduate () Master's () Doctorate

1.5. Course: _____

1.6. Period you are attending? _____

1.7. Participated in the development of Architecture projects () Yes () No

1.8. Participated in the development of Design projects () Yes () No

1.9. Participated in the development of Engineering projects () Yes () No

1.10. During some design activity have you had contact with any of these themes: sensory systems, usability and universal design? (if yes, you can choose more than one answer)

() sensory systems () usability () universal design () I have never counted

Part 2: About the main concepts which structure the tool in development

2.1 Do you use any creativity tool(s) during project development? If so, which one?

This questionnaire is linked to a thesis research entitled "Tool for design practice centered on the user based on the concepts of sensory perception, usability and universal design" which is developed at the Federal University of Paraíba/UFPB/PPGAU and at INP/Grenoble/G-SCOP, under the responsibility of the researcher Renato Fonseca Livramento da Silva/UFPB who investigates his opinion about the importance of structuring themes of the research for the composition of a design tool focused on the stages of creativity.

2.2. What positive and negative aspects can you identify in the creative tools you use?

POSITIVE ASPECTS	NEGATIVE ASPECTS

2.3. Do you consider it important to use information about human sensory systems (smell/taste, haptic, auditory, visual and basic guidance system) during creative stages in the development of projects? If yes, state the reasons.

2.4. In relation to the principles of usability and universal design, do you think it is important to consider them in the stages of creativity in the projects? If yes, state the reasons?

2.5. How do you believe that information on the functioning of sensory-human systems, usability principles and universal design can be made available in a design tool?

This questionnaire is linked to a thesis research entitled "Tool for design practice centered on the user based on the concepts of sensory perception, usability and universal design" which is developed at the Federal University of Paraíba/UFPB/PPGAU and at INP/Grenoble/G-SCOP, under the responsibility of the researcher Renato Fonseca Livramento da Silva/UFPB who investigates his opinion about the importance of structuring themes of the research for the composition of a design tool focused on the stages of creativity.

2.6. What format do you think might bring a better experience for the design tool structure in development? You can choose more than one answer.

Digital Paper With three-dimensional physical elements (objects and symbols)

Thank you for your participation.

APPENDICE D : QUESTIONNAIRE C

Formulaire à destination des professionnels- questionnaire C

Ce questionnaire est envoyé dans le cadre de la réalisation d'une thèse intitulée " Outil facilitant les étapes de créativité lors des phases de conception et basé sur l'utilisateur (centré sur les concepts de perception sensorielle, d'Utilisabilité et de CU". Elle est réalisée à l'Université fédérale de Paraíba / UFPB / PPGAU et à Grenoble INP / laboratoire G-SCOP, sous la responsabilité du chercheur Renato Fonseca Livramento da Silva / UFPB. Cette étape de la thèse a pour objectif d'enquêter sur l'importance des thèmes de recherche pour la composition d'un outil d'accompagnement au processus de conception orienté vers les étapes de la créativité. Le projet de thèse a été accepté par le Comité d'éthique 3.304.396.

Parte 1 : Caractéristique du participant

1.1. Votre âge

1.2. Genre : () Masculin () Féminin () autre

1.3. Votre statut :

1.4. Votre formation professionnelle (diplômes) :

1.5. Année de diplôme :

1.6. Expérience professionnelle :

1.7 Durée de l'activité professionnelle dans le contexte du développement de projet ?

1.8. Définissez vos expertises et vos contributions principales lors de chacun de vos projets ?

- Vos expertises :
- Contributions principales :

Parte 2: A propos de la méthodologie

2.1 A quelle(s) étape(s) de la méthodologie présente ci-dessus vous considérez-vous comme un acteur actif (1 à 8) ?

2.2 Pour chacune de ces étapes, décrivez comment est-ce que vous contribuez ?

2.3. Dans votre méthodologie, quelles étapes considérez-vous comme moments de créativité principales (dans lesquels vous utilisez des outils de créativité) ?

2.4. Considérant les étapes 3 et 4 de la méthodologie :

- Commentez votre dynamique de travail :
- Décrivez les outils principaux que vous manipulez

- Parmi ces outils, lesquels considérez-vous comme contribuant aux activités de créativité ?
- Pour les principaux d'entre eux, pouvez-vous lister quelques caractéristiques positives et négatives :

Nom de l'outil :

Caractéristiques positives	Caractéristiques négatives

Nom de l'outil :

Caractéristiques positives	Caractéristiques négatives

Nom de l'outil :

Caractéristiques positives	Caractéristiques négatives

Commentaires :

Parte 3 : Objet de la recherche proposée

Définition préliminaire des trois concepts manipulés

- **Système sensoriel**

L'acquisition de l'information est établie à travers cinq systèmes sensoriels :

Système de guidage de base, système tactile, système visuel, système auditif et système odorat / goût

- **Utilisabilité**

L'Utilisabilité est la manière dont le produit peut être utilisé par les utilisateurs pour atteindre des objectifs spécifiques avec efficacité, efficience et satisfaction dans un contexte d'utilisation spécifique.

- **CU :**

La CU est la conception de tout aménagement, produit, équipement, programme ou service qui puisse être utilisé par toute personne, sans nécessiter ni d'adaptation ni de conception spéciale, et ce quels que soient son sexe, son âge, sa situation ou son handicap.

3.1. Lors de vos activités professionnelles, classez par niveau d'importance les concepts que vous manipulez (4 étant le plus important, 1 étant le moins important)

() **Systèmes sensoriels**

() **Utilisabilité**

() **CU**

() **Autres**

Lesquelles ?

3.2. Dans chacun de ces trois concepts, classez par niveau d'importance, les principes concernés (du plus important 5/7/10 au moins important 1)

a. Systèmes sensoriels	Classement (5 à 1)
Système basique d'orientation : "l'orientation et la capacité qu'ont les organismes de positionner leurs corps (ou une partie de leur corps) ou d'organiser leur locomotion d'une manière donnée en relation à des stimuli spatiaux."	
Système tactile : Qui concerne le sens du toucher, relatif au toucher	
Système visuel : Le système visuel est l'ensemble des organes participant à la perception visuelle, de la rétine au système sensori-moteur. Son rôle est de percevoir et d'interpréter deux images en deux dimensions en une image en trois dimensions.	
Système auditif : le système auditif est le système sensoriel pour le sens de l'ouïe et permettant l'audition. Il comprend à la fois les organes sensoriels (les oreilles) et les parties auditives du système sensoriel	
Système de goût et d'odeur : Goût : sens par lequel l'homme perçoit les saveurs Odeur : Impression particulière que certains corps produisent sur l'organe de l'odorat par leurs émanations volatiles	
b. CU	Classement (7 à 1)
Utilisation égalitaire : utile et commercialisable auprès de personnes ayant différentes capacités	
Flexibilité d'utilisation : conciliation à une vaste gamme de préférences et de capacités individuelles	
Utilisation simple et intuitive : compréhension facile de l'utilisation, indépendamment de l'expérience, des connaissances, des compétences linguistiques de l'utilisateur ou de son niveau de concentration au moment de l'utilisation	

Information perceptible : communication efficace de l'information nécessaire vers l'utilisateur, quelles que soient les conditions ambiantes ou les capacités sensorielles de la personne	
Tolérance pour l'erreur : réduction au minimum des dangers et des conséquences adverses des accidents ou des actions involontaires	
Effort physique minimal : utilisation efficace et confortable, générant une fatigue minimale	
Dimensions et espace libre pour l'approche et l'utilisation : une taille et un espace adéquats pour s'approcher, saisir, manipuler et utiliser le bien, quelles que soient la taille, la posture ou la mobilité de l'utilisateur	

c. Utilisabilité	Classement (10 à 1)
Consistance et étalon (normalisation) : Suivre les conventions de plate-forme est la façon la plus sûre de respecter ce principe. Les utilisateurs ne doivent pas se demander si les différents mots, situations ou actions veulent dire la même chose. Les titres et entêtes doivent être représentatifs du contenu.	
Correspondance entre le système et le monde réel (compatibilité) : Le système devrait " parler " la langue des utilisateurs de telle façon que les informations apparaissent dans un ordre naturel et logique, en se conformant aux mots, expressions et conventions usuels.	
Fonctions de l'aide (reconnaissance, diagnostic et récupération d'erreurs) : les messages d'erreurs devraient être exprimés dans la langue ordinaire, sans code en indiquant précisément le problème de manière constructive, claire et compréhensible et de manière à offrir une solution aux problèmes ou en tout cas comment les résoudre.	
Feedback (reconnaissance plutôt que rappel) : le système devrait rendre les objets, les actions et les options visibles. L'utilisateur ne doit pas se rappeler des informations d'une partie du dialogue à l'autre. Les directives pour l'usage du système doivent être visible ou facilement récupérables à chaque fois que c'est nécessaire pendant le dialogue (boutons, cartes de navigation, bonnes étiquettes et liens descriptifs, par exemple).	
Visibilité de statut du système : le système devrait maintenir l'utilisateur toujours informé sur sa localisation à travers des marquages appropriés dans un temps raisonnable. Dans ce principe, deux choses sont plus importantes : Les utilisateurs doivent savoir où est-ce qu'ils sont et où est-ce qu'ils doivent aller.	
Prévention contre les erreurs : le système devrait prévoir les erreurs que l'utilisateur peut commettre. Il doit offrir de bons messages d'erreurs et instructions compréhensibles pour les corriger afin d'éviter que des problèmes surviennent	
Contrôle de l'utilisateur et liberté : Le système devrait être très "obéissant" aux actions de l'utilisateur et offrir des "sorties de secours" clairement marquées pour les opérations exécutées mais non désirées, ainsi que des options de faire/défaire les opérations dans le dialogue. Il faut aussi permettre à l'utilisateur de	

personnaliser sa zone de travail comme la couleur, la police de caractères, la largeur de l'écran, la version du navigateur, etc.	
<i>"Design" esthétique et minimaliste (clarté des opérations)</i> : les dialogues devraient contenir seulement les informations pertinentes et principales qui devraient être bien visible. Les informations non pertinentes ou rarement utilisées doivent être placées dans les niveaux les plus bas ou les plus détaillés dans la hiérarchie de distribution du contenu. Chaque unité d'information supplémentaire dans un dialogue rivalise avec les unités pertinentes et diminue leur visibilité relative.	
<i>Flexibilité et efficacité d'utilisation (priorité des fonctionnalités et des informations)</i> : le système devrait offrir des raccourcis pour les utilisateurs expérimentés. Mettre des accélérateurs permettant aux utilisateurs de faire et/ou récupérer les actions plus fréquemment utilisées (par exemple, des signets, etc.).	
<i>Aide et documentation (transfert approprié des technologies)</i> : le système devrait fournir des aides et de la documentation. Toutes les informations devraient être faciles à chercher et être concentrées sur la tâche (par exemple, tutoriels, spécifications, agents intelligents, etc.).	

3.2. Pensez-vous qu'il peut être important d'utiliser, durant les étapes de créativité, un outil permettant de considérer simultanément les trois concepts ?

Oui

Non

Pourquoi ?

3.3. Pensez-vous qu'un tel outil pourrait contribuer à la méthodologie utilisée actuellement au sein du CRIDEV ?

Si Non, pourquoi ?

Si Oui, comment ?

3.4. A partir de votre expérience professionnelle, quelle forme pensez-vous que cet outil pourrait prendre ? Plusieurs réponses possibles.

numérique

papier

éléments physiques

Autres, lesquels :

Commentaires libres :

Merci pour votre participation

Équipe de recherche à Grenoble/Joao Pessoa :

Renato Fonseca fonsilva3@hotmail.com

Angelina costa angelinadlcosta@yahoo.com.br

Guillaume thomann guillaume.thomann@grenoble-inp.fr

APPENDICE E : QUESTIONNAIRE D

Ce questionnaire est lié à une enquête intitulée : « Tisser un chemin sensible : outil d'aide aux phases initiales de conceptions centrées sur l'utilisateur » développée dans un régime de co-direction à l'Université Fédérale de Paraíba/UFPB/PPGAU et à l'*Université Grenoble Alpes/INP/G-SCOP*, sous la responsabilité du chercheur Renato Fonseca Livramento da Silva. L'objectif de ce questionnaire est d'évaluer la perception des utilisateurs potentiels sur l'utilisation de l'outil de conception en cours de développement, lors de la structuration des concepts et alternatives initiales de conceptions centrées sur l'utilisateur.

Partie 1 : caractérisation du participant

1.1. Âge : () Ans

1.2. Sexe : () Homme () Femme () Autre

1.3. Université :

1.4. Niveau (ce que vous étudiez) : () Licence () Master () Doctorat

1.5. Cours et mention : _____

1.6. Situation : () Étudiant inscrit () Étudiant spécial () Étudiant auditeur () Autre

1.7. Année et semestre d'entrée dans ce cours : _____

1.8. Participation préalable au développement de conceptions d'Architecture ? () Oui () Non
Si oui, de quelle manière avez-vous participé ? Vous pouvez cocher plusieurs réponses.

() En tant qu'étudiant de premier cycle, dans une conception lors d'une discipline

() En tant qu'étudiant de deuxième et troisièmes cycles/collaborateur/étudiant avec bourse d'études/laboratoire/incubateur

() En tant que professionnel/marché

() Autre, veuillez préciser : _____

1.9. Participation préalable à l'élaboration de conceptions de Conception ? () Oui () Non
Si oui, de quelle manière avez-vous participé ? Vous pouvez cocher plusieurs réponses.

() En tant qu'étudiant de premier cycle, dans une conception lors d'une discipline

() En tant qu'étudiant de deuxième et troisièmes cycles/collaborateur/étudiant avec bourse d'études/laboratoire/incubateur

() En tant que professionnel/marché

() Autre, veuillez préciser : _____

1.10. Avez-vous participé à l'élaboration de conceptions de Génie ? () Oui () Non
Si oui, de quelle manière avez-vous participé ? Vous pouvez cocher plusieurs réponses.

() En tant qu'étudiant de premier cycle, dans une conception lors d'une discipline

() En tant qu'étudiant de deuxième et troisièmes cycles/collaborateur/étudiant avec bourse d'études/laboratoire/incubateur

() En tant que professionnel/marché

() Autre, veuillez préciser : _____

1.11 Quelle est votre expérience en matière de conception ? _____

Partie 2 : sur le développement de conceptions

2.1 Avez-vous déjà participé à des conceptions au sein d'équipes multidisciplinaires composées de professionnels dans des domaines comme : l'Architecture, la Conception, le Génie, entre autres ?
() Oui () Non. Si oui, avec des professionnels dans quels domaines ?

2.2 Avez-vous déjà utilisé une méthode de CCU ?
() Oui () Non. Si oui, lesquelles ?

2.3 Au cours des activités de conception, avez-vous eu des contacts avec l'un des sujets énumérés ci-dessous ? Si c'est le cas, vous pouvez signaler plusieurs réponses.

() Systèmes sensoriels () Utilisabilité () CU () Pas de contact

2.4 Avez-vous déjà utilisé un ou plusieurs outils pour aider à la création de concepts et d'alternatives initiales de conception ?
() Oui () Non. Si oui, lesquels ?

Partie 3 : perception de l'utilisation des outils

Veillez répondre aux questions suivantes selon votre expérience de l'utilisation du prototype haute-fidélité.

Version prototype haute fidélité : 01

3.1. Le langage utilisé pour réaliser les étapes de l'outil est-il clair et facile à comprendre ?

() Oui () En partie () Non

Indiquez les raisons.

3.2 La quantité et le type de données requises pour l'exécution des étapes de l'outil sont-ils satisfaisants et faciles à assimiler ?

() Oui () En partie () Non

Indiquez les raisons.

3.3 À votre avis, un tutoriel plus détaillé est-il nécessaire pour utiliser l'outil ?

() Oui () En partie () Non

Indiquez les raisons.

3.4 À votre avis, l'outil peut-il être utilisé par des concepteurs ayant différents niveaux d'expérience ?

Oui En partie Non

Indiquez les raisons.

3.5. Le format (numérique/Internet + papier/panneaux visuels) choisi pour soutenir l'utilisation de l'outil stimule-t-il la discussion d'idées en équipe ?

Oui En partie Non

Indiquez les raisons.

3.6. Les informations sur le fonctionnement des Systèmes Sensoriels, les principes d'Utilisabilité et de CU, associées à celles des Fonctions du Produit (Pratique, Esthétique et Symbolique), contenues dans la systématisation d'utilisation de l'outil, ont contribué à aider le processus de génération de concepts et d'alternatives initiales de conception ?

Oui En partie Non

Indiquez les raisons

3.7. L'outil génère-t-il des informations/documents importants et agiles pour stimuler et aider à la prise de décision lors de la création des concepts et alternatives initiales de conception ?

Oui En partie Non

Indiquez les raisons.

3.8 Estimez-vous que le format du Panneau Visuel (nuage de mots + images + impression) aide à l'organisation, à la synthèse, à la compréhension et à la discussion des concepts et alternatives initiales de conception ?

Oui En partie Non

Indiquez les raisons.

3.9 Quelle est la plus grande difficulté rencontrée lors de l'utilisation de l'outil ?

3.10. Qu'est-ce que vous avez aimé dans cet outil ?

3.11. Utiliseriez-vous cet outil à l'avenir lors du développement d'une conception d'environnement, de produit ou de service ?

Oui En partie Non

3.12. Autres commentaires, critiques et suggestions :

Nous vous remercions de votre participation !

APPENDICE F : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT LIBRE ET ÉCLAIRE (TCLE/FCLE)

Dear Mr/Mrs,

This research is about the development of a tool for the design practice in Architecture and Design, centered on the user based on the concepts of sensory perception, usability and universal design and is being developed by the researcher Renato Fonseca Livramento da Silva, PhD student in the PPGAU - Graduate Program in Architecture and Urbanism of the Federal University of Paraíba, under the guidance of professor Angelina Dias Leão Costa and co-orientation of professor Guillaume Thomann.

The objectives of this study which you are participating in is to develop a user-centered design-based tool for Design and Architecture based on the concepts of sensory perception, usability and universal design, to assist architects and designers in development more interactive environments.

The purpose of this work is academic in nature, that is, it is not profitable for researchers. Because it is a responsibility research of teachers and students, it focuses on strengthening the collaborative relationship between the university and society. The public of this research, academics and professionals in the area of Architecture, Design and Product Engineering, were selected because they are the largest users of design tools and consequently the direct beneficiaries of the results obtained with the research. As a benefit of participation, academics and professionals will have access to the research tool and results.

We request your cooperation to answer the survey questionnaire, after reading and clarifying any questions that may arise about it. We also request your permission to present the results of this study in events and scientific journal of the area of Architecture, Design and Engineering. When the results are published, your name will be kept confidential.

Please be advised that this research does not offer any foreseeable risks to your health. Even if the research does not offer risks to the physical integrity of the participants, it may offer as potential risks the annoyance or embarrassment of moral and/or social order, in relation to the filling of the items present in the questionnaire used as instrument of data collection.

Therefore, we clarify that your participation in the study is voluntary and, therefore, you are not obligated to provide the information and/or collaborate with the activities requested by the Researcher. If you decide not to participate in the study, or resolve at any time to give up, you will not suffer any harm.

Researchers will be at your disposal for any clarification you deem necessary at any stage of the research.

In view of the foregoing, I declare that I have been duly clarified and give my consent to participate in the research and to publish the results. I am aware that I will receive a copy of this document.

Signature of Research Participant
or Legal Officer

Full name of Research Participant
or Legal Officer

Contact the Researcher Responsible:

If you need more information about the present study, please contact the researcher Renato Fonseca Livramento da Silva by e-mail: fonsilva3@hotmail.com or by telephone numbers or at the addresses described below

Address (Work Sector): Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Centro de Tecnologia (CT) Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU). <http://www.ufpb.br/pos/ppgau> ☎ + 55 83 3216-7913/7913 ou no Laboratório de Acessibilidade da Universidade Federal da Paraíba-LACESSE, Bloco N/Cidade Universitária, João Pessoa, PB. lacesse.ufpb@outlook.com ☎ + 55 83 3216-7077

Or

Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba Campus I - Cidade Universitária - 1º Andar – CEP 58051-900 – João Pessoa/PB ☎ + 55 83 3216-7791 – E-mail: **comitedeetica@ccs.ufpb.br**

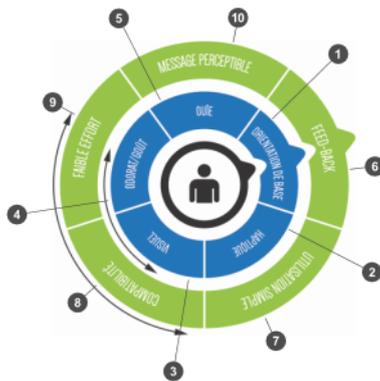
Regards,

Signature of Responsible Researcher

Signature of Participating Research

APPENDICE G : CONCEPTS ET PRINCIPES

CONCEPTS ET PRINCIPES



- 1 **Système de base d'orientation:** responsable de l'équilibre du corps/de l'orientation et réagit aux forces de gravité, à la posture du corps dans l'espace et à ses axes de référence (vertical/horizontal, droite/gauche, avant/arrière) et à la sensation de mouvement indépendant et d'accélération du corps par rapport au temps et à l'espace (vitesse, distance, rythme et direction). Ce système s'articule de diverses manières, mais toutes sont directement liées à des informations disposées dans l'environnement et avec des caractéristiques différentes, telles que la gravité, la position du soleil dans le ciel ou un bruit soudain. Gibson (1966).
- 2 **Système haptique:** le système haptique associe le toucher passif et actif, la distinction des températures et le mouvement lui-même. Celui-ci fonctionne lorsqu'un homme ou un animal sent des choses en contact avec le corps ou les extrémités, et pas seulement la sensation de pression sur la peau. N'implique pas un organe de perception spécifique. Il s'agit d'un système coopératif qui se produit simultanément et peut spécifier une grande variété de situations qui se déroulent dans des environnements. Gibson (1966).
- 3 **Système visuel:** responsable de la perception instantanée de l'environnement. Ce système apporte des informations relatives aux profondeurs, aux distances, à la configuration formelle et aux dynamiques qui s'ensuivent dans les espaces. Gibson (1966).
- 4 **Système olfactif/gustatif:** responsable de l'identification des odeurs et des goûts/saveurs, de la réaction à la composition chimique du milieu et des objets ingérés. La fonction de ce système de perception est, premièrement, d'évaluer et d'identifier l'origine de l'odeur dans l'environnement et, deuxièmement, de guider et de contrôler le comportement, y compris la locomotion, par rapport à la source. Gibson (1966).
- 5 **Système auditif:** ce système est chargé d'écouter et d'identifier la direction des sons, de détecter la nature des sons et des événements vibrants. Sa fonction exocentrique est de capter la direction d'un événement, de permettre l'orientation, de percevoir la nature d'un événement et de l'identifier. Sa fonction proprioctrice est d'enregistrer les sons émis par l'individu, notamment dans la vocalisation. Gibson (1966).
- 6 **Feed-back:** il minimise les risques et les conséquences négatives des actions accidentelles ou non intentionnelles, ordonne les éléments et assure les avertissements afin de réduire les risques et les erreurs. Celui-ci favorise les interfaces qui fournissent des réponses claires afin de donner aux utilisateurs le contrôle des interactions possibles. Connel et al (1997); Cud (1997) + Jordan (1998).
- 7 **Utilisation simple:** relativement au développement de produits et de systèmes dont le mode de fonctionnement est clair, avec des tâches qui doivent être effectuées selon des modes similaires, faciles à comprendre et indépendamment de l'expérience, des connaissances, des compétences linguistiques ou du niveau actuel de concentration de l'utilisateur. L'objectif est d'éliminer toute complexité, en organisant les informations selon leur niveau d'importance et en assurant des réponses efficaces pendant et après l'exécution des tâches. Connel et al (1997); Cud (1997) + Jordan (1998).
- 8 **Compatibilité:** la conception avec compatibilité signifie assurer que la fonction du produit ou du système est liée aux attentes de l'utilisateur, sur la base de ses connaissances, sans qu'aucun de ses canaux sensoriels ne soit surchargé. Cela signifie qu'il faut tenir compte d'un large éventail de préférences et de capacités individuelles pour des personnes ayant des aptitudes diverses et en cherchant, chaque fois que cela est possible, à rendre compatibles des technologies qui ont été développées dans un but et un nouveau domaine, afin d'apporter de nouveaux avantages aux utilisateurs. Connel et al (1997); Cud (1997) + Jordan (1998).
- 9 **Faible effort:** ce principe vise à assurer une utilisation efficace et confortable avec un minimum de fatigue dans les opérations répétitives et d'effort physique continu dans un produit ou système. Il prévoit une taille et un espace appropriés pour l'approche, la portée, la manipulation et l'utilisation, indépendamment de la taille du corps, de la posture ou de la mobilité de l'utilisateur. Connel et al (1997); Cud (1997) + Jordan (1998).
- 10 **Message perceptible:** il s'agit de communiquer efficacement les informations nécessaires à l'utilisateur, quelles que soient ses capacités sensorielles ou des conditions environnementales, avec agilité et facilité et sans provoquer de confusion. Différents modes (pictographique, verbal, tactile) sont utilisés pour présenter, de manière redondante, des informations essentielles compatibles avec la diversité des techniques ou des équipements utilisés par les personnes souffrant de limitations sensorielles. Les informations considérées comme prioritaires sont privilégiées. Connel et al (1997); Cud (1997) + Jordan (1998).



- 1 **Fonction pratique:** elle concerne l'ensemble des relations entre le produit et ses utilisateurs qui se situent au niveau organo-corporel. « Ce sont les fonctions de tous les aspects physiologiques de l'utilisation » (LÖBACH, 2001).
- 2 **Fonction esthétique:** celle-ci est configurée dans la relation entre l'utilisateur et un produit au niveau des processus sensoriels. « La fonction esthétique des produits est un aspect psychologique de la perception sensorielle lors de leur utilisation ». De ce fait, créer la fonction esthétique du produit « signifie configurer les produits en fonction des conditions perceptuelles de l'homme » (LÖBACH, 2001).
- 3 **Fonction symbolique:** elle se produit lorsque la personne perçoit des produits en établissant des liens avec des expériences et des sensations déjà vécues. La « fonction symbolique des produits est déterminée par tous les aspects spirituels, psychiques et sociaux de leur utilisation » (LÖBACH, 2001).

APPENDICE H : DEMANDE DE CONCEPTION

DEMANDE DE CONCEPTION



Présentation de la demande de conception (fictive) avec des données de base pour l'utilisation de l'outil en cours de développement:

Demande de conception: développer un modèle de parking à vélos (paracycle) destiné au public fréquentant les campus des universités publiques brésiliennes, en observant au préalable les lignes directrices d'une conception accessible, associée au contexte de votre choix.

Les utilisateurs: les serveurs, les étudiants et la société en général qui bénéficient des services disponibles sur les campus des universités publiques brésiliennes, associés au contexte de votre choix.

Activité: Utilisation (parking) de vélo en paracycle.

Contexte: L'augmentation des études sur le parking à vélos qui identifient les établissements d'enseignement comme les universités publiques étant des lieux d'utilisation récurrente. Cependant, l'utilisation du vélo nécessite le soutien du parking, l'un des facteurs de demande pour une meilleure performance fonctionnelle dans l'adoption du vélo comme moyen de transport (Andrade et al., 2016, Blue, 2016).

Andrade, V., Rodrigues, J., Marino, F. et Lobo, Z. (Orgs.) (2016) La mobilité à vélo au Brésil, 1. ed., Rio de Janeiro, PROURB/UFRJ.

Blue, E. (2016) Bikenomics : comment le vélo peut sauver l'économie. Rio de Janeiro, Babilonia Cultura Editorial.

APPENDICE I : TUTORIEL D'UTILISATION DE L'OUTIL

COMO UTILIZAR A FERRAMENTA

Cet outil utilise la plate-forme numérique appelée *SaaS (software as a service)*. Il s'agit d'un type d'informatique en nuage (*cloud computing*). La systématisation d'utilisation se concentre sur le respect de cinq étapes (comme décrit dans les tableaux ci-dessous). L'outil offre un choix de combinaisons binaires des concepts de Systèmes Sensoriels (GIBSON, 1966), avec une composition de principes basés sur l'Utilisabilité (JORDAN, 1988) et la CU (CUD, 1997). Grâce à cet outil, il est possible de réaliser jusqu'à vingt-cinq combinaisons associées aux fonctions pratiques, esthétiques et symboliques des produits (LÖBACH, 2001). Les concepteurs peuvent insérer des phrases et/ou mots significatifs pour chaque situation de conception, qui sont transformés grâce à des algorithmes en un nuage de mots dont les critères d'importance sont basés sur la répétition et représentés par différentes tailles de police. Le nuage de mots est renforcé par des images provenant de banques d'images et/ou créées par le concepteur, composant des panneaux visuels et fournissant des informations facilement et rapidement assimilées. De cette manière, et avec la possibilité d'imprimer des panneaux visuels dans divers formats (A4,A3,A2,A1), l'outil peut aider les concepteurs, de manière collaborative, dans la discussion et la structuration de concepts et d'alternatives initiales de

ÉTAPE A | Accès/Enregistrement de l'utilisateur



- ❶ **E-mail:** espace pour entrer l'adresse e-mail de l'utilisateur.
- ❷ **Mot de passe:** espace pour le mot de passe de l'utilisateur.
- ❸ **Rester connecté:** espace destiné à rester connecté au système.
- ❹ **Accès:** bouton pour accéder à l'outil.
- ❺ **Enregistrement:** champ permettant d'accéder à l'enregistrement de l'utilisateur.
- ❻ **Nom:** espace pour entrer le nom de l'utilisateur.
- ❼ **E-mail:** enregistrement de l'adresse e-mail de l'utilisateur.
- ❽ **CPF:** enregistrement du CPF de l'utilisateur.
- ❾ **Mot de passe:** espace pour l'enregistrement du mot de passe.
- ❿ **Confirmation du mot de passe:** confirmation du mot de passe.
- ⓫ **Enregistrement:** bouton de confirmation de l'enregistrement.
- ⓬ **Accès:** bouton pour rechercher (accéder) un compte déjà enregistré.

conceptions centrées sur l'utilisateur.

ÉTAPE B | Enregistrement du projet



- 13 **Rechercher projet:** espace pour insérer le nom du projet déjà enregistré et effectuer une recherche.
- 14 **Enregistrer projet:** espace pour enregistrer de nouveaux projets.
- 15 **Choisir la langue:** espace pour la sélection de la langue (portugais ou anglais).
- 16 **Accéder au tutoriel de l'outil:** espace d'accès au tutoriel de l'outil qui est composé d'une introduction suivie de la description de l'utilisation de toutes les étapes.
- 17 **Quitter l'outil:** bouton pour quitter l'outil.de novos projetos.

ÉTAPE C | Informations sur le projet

Etapa B Etapa C Etapa D Etapa E

Etapa C | Informações do Projeto

19 Nome do Projeto *

20 Equipe do Projeto *

21 Utilizador *

22 Contexto *

23 Atividades *

Avançar Voltar

24 25

18

- 18 **Visualiser l'étape actuelle/avancer ou revenir en arrière dans les étapes:** champ de visualisation de l'étape dans laquelle se trouve l'utilisateur (le mot sera surligné en bleu) et avancer ou revenir en arrière dans les étapes (il suffit de cliquer sur l'étape souhaitée).
- 19 **Nom du projet:** espace pour le nom du projet.
- 20 **Equipe de projet:** espace pour l'inscription des participants de l'équipe chargée de développer le projet.
- 21 **Utilisateur:** espace pour la description de l'utilisateur ou des groupes d'utilisateurs desservis par le projet.
- 22 **Contexte:** espace pour décrire le contexte dans lequel le projet est inséré.
- 23 **Activités:** espace pour décrire les activités prévues par le projet.
- 24 **Avancer:** bouton pour finaliser les informations initiales du projet et option pour permettre de passer à l'étape suivante avec les boutons de navigation (point - 18) par étapes.
- 25 **Retour à la page d'accueil:** bouton permettant de revenir à la page d'accueil de l'outil, si nécessaire.

ÉTAPE D | Combinaisons de concepts

Projeto Cadeira 26 Etapa B Etapa C Etapa D Etapa E Sair da ferramenta

Etapa D | Combinações de Conceitos

27 **Unconhecido pela identificação da odora e ou gostos/sabores, reaquecimento e ressecção que lca de rruco e de objetos ingeridos. A função dessa almofada perceptiva é, ao permitir avaliar e identificar a origem do odor no ambiente e, em seguida, gerar, emitir e controlar o comportamento, incluindo a locomoção em relação à fonte.**

28 **ADICÃO À PERDA - VISUAL & COMPATIBILIDADE - VISUAL & USO SIMPLES - RESPOSTA PERCEPTIVA & BAIXO ESFORÇO - DIFATOPALAPAS & PERDA - ORIENTAÇÃO BÁSICA & USO SIMPLES - ORIENTAÇÃO BÁSICA & COMPATIBILIDADE**

29 28. 30 31 32 33 34 35

Funções do Produto

Função Prática

Função Estética

Função Simbólica

Nuvem de Palavras

forma leve, com fácil cadeira- desmontável

Adicionar Combinação

- 26 **Identification du projet:** visualisation du nom du projet.
- 27 **Consulter les concepts et principes:** ressource pour aider à choisir les combinaisons de concepts (cercle bleu) et de principes (cercle vert) - positionner le curseur sur le concept/principe et des ballons apparaîtront avec les informations.
- 28 **Sélectionner le concept (Système Sensoriel) et le principe de (Utilisabilité + Conception Universelle):** ressource destinée à réaliser les combinaisons des concepts de Systèmes Sensoriels avec les principes d'Utilisabilité + Conception Universelle (cliquer avec le curseur sur le nom du concept et/ou du principe).
- 29 **Consulter les combinaisons déjà faites:** ressource pour consulter les combinaisons de concepts (cercle en bleu) et de principes (cercle en vert) déjà faites - positionner le curseur sur le (point - 28) et apparaîtra un ballon avec les informations.
- 30 **Progression des combinaisons:** suivez le pourcentage de combinaisons effectuées.
- 31 **Vérifier votre choix:** ressource destinée à vérifier les concepts et principes sélectionnés.
- 32 **Insérer des phrases et/ou des mots faisant référence aux fonctions du produit:** espace pour insérer des phrases et/ou des mots, liés aux combinaisons de concepts et de principes sélectionnés et aux fonctions pratiques, esthétiques et symboliques du produit en cours de développement.
- 33 **Consulter les concepts des fonctions:** ressource pour consulter les concepts des fonctions des produits : pratique, esthétique et symbolique (cliquez avec le curseur sur l'icône).
- 34 **Visualiser le nuage de mots:** fonction permettant de visualiser le nuage de mots résultant des données saisies (point - 32) en fonction de la sélection des concepts et principes choisis.
- 35 **Ajouter combinaison:** bouton pour confirmer les combinaisons effectuées.

ÉTAPE E | Panneau visuel



- 36 **Vérifier le nuage de mots:** espace pour visualiser le nuage de mots tourné pour guider la composition du panneau visuel.
- 37 **Cliquer pour charger/ajouter des images:** bouton pour charger/ajouter des images.
- 38 **Organiser les images:** espace pour organiser les images choisies/créées.
- 39 **Imprimante:** possibilité de choisir la taille du papier et d'imprimer le panneau visuel.

APPENDICE J : QUESTIONNAIRE F

Ce questionnaire est lié à une enquête intitulée : « Tisser un chemin sensible : outil d'aide aux phases initiales de conceptions centrées sur l'utilisateur » développée dans un régime de co-direction à l'Université Fédérale de Paraíba/UFPB/PPGAU et à l'*Université Grenoble Alpes/INP/G-SCOP*, sous la responsabilité du chercheur Renato Fonseca Livramento da Silva. L'objectif de ce questionnaire est d'évaluer la perception des utilisateurs potentiels sur l'utilisation de l'outil de conception en cours de développement, lors de la structuration des concepts et alternatives initiales de conceptions centrées sur l'utilisateur.

Partie 1 : caractérisation du participant

1.1. Âge : () Ans

1.2. Sexe : () Homme () Femme () Autre

1.3. Université :

1.4. Niveau (ce que vous étudiez) : () Licence () Master () Doctorat

1.5. Cours et mention : _____

1.6. Situation : () Étudiant inscrit () Étudiant spécial () Étudiant auditeur () Autre

1.7. Année et semestre d'entrée dans ce cours : _____

1.8. Participation préalable au développement de conceptions d'Architecture ? () Oui () Non
Si oui, de quelle manière avez-vous participé ? Vous pouvez cocher plusieurs réponses.

() En tant qu'étudiant de premier cycle, dans une conception lors d'une discipline

() En tant qu'étudiant de deuxième et troisièmes cycles/collaborateur/étudiant avec bourse d'études/laboratoire/incubateur

() En tant que professionnel/marché

() Autre, veuillez préciser : _____

1.9. Participation préalable à l'élaboration de conceptions de Conception ? () Oui () Non
Si oui, de quelle manière avez-vous participé ? Vous pouvez cocher plusieurs réponses.

() En tant qu'étudiant de premier cycle, dans une conception lors d'une discipline

() En tant qu'étudiant de deuxième et troisièmes cycles/collaborateur/étudiant avec bourse d'études/laboratoire/incubateur

() En tant que professionnel/marché

() Autre, veuillez préciser : _____

1.10. Avez-vous participé à l'élaboration de conceptions de Génie ? () Oui () Non
Si oui, de quelle manière avez-vous participé ? Vous pouvez cocher plusieurs réponses.

() En tant qu'étudiant de premier cycle, dans une conception lors d'une discipline

() En tant qu'étudiant de deuxième et troisièmes cycles/collaborateur/étudiant avec bourse d'études/laboratoire/incubateur

() En tant que professionnel/marché

() Autre, veuillez préciser : _____

1.11 Quelle est votre expérience en matière de conception ? _____

Partie 2 : sur le développement de conceptions

2.1 Avez-vous déjà participé à des conceptions au sein d'équipes multidisciplinaires composées de professionnels dans des domaines comme : l'Architecture, la Conception, le Génie, entre autres ?
() Oui () Non. Si oui, avec des professionnels dans quels domaines ?

2.2 Avez-vous déjà utilisé une méthode de CCU ?
() Oui () Non. Si oui, lesquelles ?

2.3 Au cours des activités de conception, avez-vous eu des contacts avec l'un des sujets énumérés ci-dessous ? Si c'est le cas, vous pouvez signaler plusieurs réponses.

() Systèmes sensoriels () Utilisabilité () CU () Pas de contact

2.4 Avez-vous déjà utilisé un ou plusieurs outils pour aider à la création de concepts et d'alternatives initiales de conception ?
() Oui () Non. Si oui, lesquels ?

Partie 3 : perception de l'utilisation des outils

Veillez répondre aux questions suivantes selon votre expérience de l'utilisation du prototype haute-fidélité.

Version prototype haute fidélité : 02

3.1. Le langage utilisé pour réaliser les étapes de l'outil est-il clair et facile à comprendre ?

() Oui () En partie () Non

Indiquez les raisons.

3.2 La quantité et le type de données requises pour l'exécution des étapes de l'outil sont-ils satisfaisants et faciles à assimiler ?

() Oui () En partie () Non

Indiquez les raisons.

3.3 À votre avis, un tutoriel plus détaillé est-il nécessaire pour utiliser l'outil ?

() Oui () En partie () Non

Indiquez les raisons.

3.4 À votre avis, l'outil peut-il être utilisé par des concepteurs ayant différents niveaux d'expérience ?

Oui En partie Non

Indiquez les raisons.

3.5. Le format (numérique/Internet + papier/panneaux visuels) choisi pour soutenir l'utilisation de l'outil stimule-t-il la discussion d'idées en équipe ?

Oui En partie Non

Indiquez les raisons.

3.6. Les informations sur le fonctionnement des Systèmes Sensoriels, les principes d'Utilisabilité et de CU, associées à celles des Fonctions du Produit (Pratique, Esthétique et Symbolique), contenues dans la systématisation d'utilisation de l'outil, ont contribué à aider le processus de génération de concepts et d'alternatives initiales de conception ?

Oui En partie Non

Indiquez les raisons

3.7. L'outil génère-t-il des informations/documents importants et agiles pour stimuler et aider à la prise de décision lors de la création des concepts et alternatives initiales de conception ?

Oui En partie Non

Indiquez les raisons.

3.8 Estimez-vous que le format du Panneau Visuel (nuage de mots + images + impression) aide à l'organisation, à la synthèse, à la compréhension et à la discussion des concepts et alternatives initiales de conception ?

Oui En partie Non

Indiquez les raisons.

3.9 Quelle est la plus grande difficulté rencontrée lors de l'utilisation de l'outil ?

3.10. Qu'est-ce que vous avez aimé dans cet outil ?

3.11. Utiliseriez-vous cet outil à l'avenir lors du développement d'une conception d'environnement, de produit ou de service ?

Oui En partie Non

3.12. Autres commentaires, critiques et suggestions :

Nous vous remercions de votre participation !

ANNEXE A : CEP/CCS

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Ferramenta projetual centrada no usuário baseada nos conceitos de percepção sensorial, usabilidade e desenho universal

Pesquisador: Renato Fonseca Livramento da Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 03834018.0.0000.5188

Instituição Proponente: Universidade Federal da Paraíba

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.304.396

Apresentação do Projeto:

Aluno Renato Fonseca Livramento da Silva da pós graduação em arquitetura e urbanismo da UFPB ,doutorado, orientadora prof.^a Dr.^a Angelina Dias com co-orientação do prof. Dr. Guillaume Thomann, Grenoble, França. Desde 01 de setembro de 2018 o discente está em Grenoble INPEcole de Génie Industriel/Lab/G-SCOP realizando estudo “sanduíche”, que irá até 30 de agosto de 2019. Os métodos e os procedimentos desta pesquisa são voltados para uma perspectiva da abordagem centrada no usuário Organizado em 3 etapas: A primeira etapa é dividida em dois momentos, o primeiro momento será desenvolvido no INP Grenoble/Laboratório G-SCOP França, sob supervisão do co-orientador da pesquisa, o professor Guillaume Thomann durante etapa sanduíche. Consta na identificação dos requisitos estruturantes da proposta, confrontando a percepção sensorial, desenho universal e usabilidade, e relaciona-os com o conceito de projeto centrado no usuário. Haverá o acompanhamento de alunos (grupo focal/especialistas) juntamente com os professores/pesquisadores do ENSCI (Ecole nationale Supérieure de Création Industrielle) no Alpes Design Lab. Será feito o planejamento (aproximação com a equipe de professores, visita às instalações do ENSCI, conhecimento do tema central dos projetos que serão desenvolvidos pelos alunos, contato com a metodologia de trabalho que será utilizada pelos professores responsáveis

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 3.304.396

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa muito bem fundamentada e detalhada, mostrando relevância acadêmica, social. Todas as pendências enumeradas no parecer anterior foram resolvidas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

adequados

Recomendações:

Manter a metodologia

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pesquisa de acordo com as resoluções 292/99, 466/12 e 510/16 com parecer favorável à aprovação

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa.

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1267799.pdf	18/03/2019 11:58:25		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	carta_anuencia_UFPB.pdf	01/01/2019 19:31:00	Renato Fonseca Livramento da Silva	Aceito
Outros	Respostas.pdf	01/01/2019 19:28:43	Renato Fonseca Livramento da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	01/01/2019 19:24:26	Renato Fonseca Livramento da Silva	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	01/01/2019 15:09:34	Renato Fonseca Livramento da Silva	Aceito
Outros	carta_anuencia.pdf	19/12/2018 08:13:57	Renato Fonseca Livramento da Silva	Aceito

Endereço: UNIVERSITARIO S/N
Bairro: CASTELO BRANCO **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

Página 04 de 05

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 3.304.396

Declaração de Instituição e Infraestrutura	Gpdf.pdf	30/11/2018 14:09:30	Renato Fonseca Livramento da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLIningles.pdf	30/11/2018 14:08:34	Renato Fonseca Livramento da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	modelotcleportugues.pdf	30/11/2018 14:08:17	Renato Fonseca Livramento da Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_renato_2.pdf	30/11/2018 13:56:03	Renato Fonseca Livramento da Silva	Aceito
Cronograma	c.pdf	30/11/2018 13:54:59	Renato Fonseca Livramento da Silva	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	30/11/2018 12:46:18	Renato Fonseca Livramento da Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 06 de Maio de 2019

Assinado por:

Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador(a))

Endereço: UNIVERSITARIO S/N
Bairro: CASTELO BRANCO **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

ANNEXE B : AUTORISATION ENSCI



OBJET : ATTESTATION DE PARTICIPATION DE RENATO FONSECA A UNE ACTIVITE DE PROJET INTERDISCIPLINAIRE DESIGN & TECHNOLOGIE.

Dans le cadre de sa Résidence d'automne, Alps Design Lab, laboratoire commun d'innovation par le design de CEA Tech et Design Station, accueille 20 étudiants designers et ingénieurs issus des établissements suivants : Ecole Nationale d'Architecture de Grenoble, Grenoble INP, ENSCI Les Ateliers, La Martinière-Diderot.

L'objectif de cet atelier d'une durée de 4 mois (fin septembre 2018 à fin janvier 2019) est de proposer à des étudiants de formations complémentaires de se réfléchir à des concepts innovants liés à la problématique « LES NOUVELLES ÉNERGIES DANS LA MOBILITÉ DE DEMAIN ». Au sein de cet atelier orienté Design & Technologie, les étudiants travaillent en petits groupes pluridisciplinaires entre 3 et 5 jours par semaine.

Renato FONSECA est intégré en tant qu'observateur externe au sein de cette promotion de 22 étudiants. Les portes de l'atelier lui sont ouvertes lors de toutes les séances de travail des étudiants durant les 4 mois de durée du projet. Il a la liberté d'interagir avec tous les étudiants, dans toutes les phases de travail du projet. Son objectif est d'observer et d'analyser la manière dont les acteurs de compétences diverses interagissent et font évoluer ensemble les propositions de concepts. Par rapport à son objectif de thèse, la constitution des groupes de cet atelier constitue une situation tout à fait pertinente avec sa problématique de recherche (Design, Architecture, Ingénierie). Les analyses des observations et les résultats des questionnaires proposés constitueront une contribution majeure dans son travail de recherche.

Roger PIFIOT
Directeur Alps Design Lab

CEA
Bâtiment 20.33
17, rue des Martyrs
38054 Grenoble cedex 9
contact@alpsdesignlab.com
Tél. : 04-38-78-08-43

Résumé

La connaissance du fonctionnement du système sensoriel humain par le concepteur, peut contribuer à la création de concepts et d'alternatives initiales de solution de conception dans les phases initiales des projets. Il peut effectivement donner un regard particulier sur les capacités sensorielles, cognitives et motrices des utilisateurs. Cependant, la mise à disposition de ces informations de manière systématique est encore une pratique naissante en architecture, conception et ingénierie de produit. Dans ce contexte, cette thèse a pour objectif de développer un outil d'accompagnement des équipes multidisciplinaires dans la création de concepts et d'alternatives de solutions, centrées sur l'utilisateur, dans le cadre de l'Architecture, du Design Industriel et de l'Ingénierie de Produit et considérant trois bases conceptuelles : le Système Sensoriel, l'Utilisabilité et la CU. La méthode de la recherche s'est déroulée en quatre étapes: (1) l'étude de la littérature focalisée sur les trois bases conceptuelles et sur des méthodes de développement de projet, (2) le développement de l'outil, basée sur une approche centrée sur l'utilisateur en mobilisant des étudiants et professeurs de programmes de 2ème et 3ème cycles universitaires en France et au Brésil et des industriels, (3) l'évaluation de l'outil par un panel d'experts brésiliens de disciplines différentes et ayant des expériences en développement de projet et enfin (4) l'analyse des résultats qui souligne que l'outil remplit de manière satisfaisante sa fonction. A travers une utilisation simple et intuitive sur une plateforme numérique, il contribue au travail collaboratif en fournissant des informations plus large et complète permettant la création de concepts et d'alternatives initiales de solutions de conception

MOTS-CLES : Conception et ingénierie de produits, Architecture, Outil d'aide à la conception, Systèmes Sensoriels, Utilisabilité, CU

Summary

The knowledge of the functioning of the human sensory system by the designer, can contribute to the creation of concepts and initial alternatives of design solution in the initial phases of the projects. It can effectively give specific information on the sensory, cognitive and motor capacities of users. However, making this information systematically available is still an emerging practice in architecture, design and engineering. In this context, this Ph.D. thesis aims to develop a support tool for multidisciplinary teams in the creation of concepts and alternative solutions, user centered, within the framework of Architecture, Industrial Design and Product Engineering and considering three conceptual bases: Sensory System, Usability and Universal Design. The research method took place in four stages: (1) the study of the literature focused on the three conceptual bases and on project development methods, (2) the development of the tool, based on a user-centered approach by mobilizing students and professors from Master and Doctorate programs in France and Brazil and professionals from industry, (3) the evaluation of the tool by a panel of Brazilian experts from different disciplines and having experience in project development and finally (4) analyzing the results which validate the functions of the tool. Through simple and intuitive use on a digital platform, it contributes to collaborative work by providing more complete information allowing the creation of concepts and initial alternatives of design solutions

KEYWORDS: Product design and engineering, Architecture, Design support tool, Sensory systems, Usability, Universal Design