



HAL
open science

Optimisation d'une interface numérique de santé à distance pour une meilleure expérience-patient

Chloé Lourdais

► **To cite this version:**

Chloé Lourdais. Optimisation d'une interface numérique de santé à distance pour une meilleure expérience-patient. Génie mécanique [physics.class-ph]. École centrale de Nantes, 2022. Français. NNT : 2022ECDN0054 . tel-04128753

HAL Id: tel-04128753

<https://theses.hal.science/tel-04128753>

Submitted on 14 Jun 2023

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.

THESE DE DOCTORAT DE

L'ÉCOLE CENTRALE DE NANTES

ÉCOLE DOCTORALE N° 602

Sciences pour l'Ingénieur

Spécialité : Génie Mécanique

Par

Chloé LOURDAIS

**Optimisation d'une interface numérique de santé à distance
pour une meilleure expérience-patient**

Thèse présentée et soutenue à l'École Centrale de Nantes, le lundi 28 novembre 2022

Unité de recherche : UMR 6004, Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N)

Rapporteurs avant soutenance :

Julie STAL-LE CARDINAL

Améziane AOUSSAT

Professeure des universités, CentraleSupélec Campus Paris-Saclay

Professeur des universités, Arts et Métiers ParisTech

Composition du Jury :

Présidente : Julie STAL-LE CARDINAL

Professeure des universités, CentraleSupélec Campus Paris-Saclay

Examineurs : Philippe RAUFFET

Joanna DAABOUL

Maître de conférences, HDR, Université Bretagne-Sud

Maître de conférences, Université de technologie de Compiègne

Dir. de thèse : Emilie POIRSON

Co-encadrant : Liang MA

Professeure des universités, École Centrale de Nantes

Associate professor, Tsinghua University, Chine

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice de thèse Emilie Poirson pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce doctorat et pour m'avoir proposé ce sujet, regroupant les domaines de la santé, des émotions et de la conception centrée-utilisateur, qui m'intéressaient fortement. Je la remercie pour son accompagnement tout au long de ces quatre années, pour m'avoir encouragée lorsque j'en avais besoin et pour ses précieux conseils, que ce soit dans la façon d'appréhender une problématique, de mettre en place une méthodologie, de prendre du recul et de valoriser un travail. Ces conseils m'ont beaucoup apporté et me seront très utiles pour la suite.

Je remercie également mon co-encadrant Liang Ma, dans un premier temps, pour m'avoir guidée dans la réalisation d'un doctorat à la suite de mon Master en Génie Industriel à l'Université Tsinghua en Chine. Je le remercie pour son accompagnement durant ces quatre années et pour toutes ses remarques lors de nos réunions qui m'ont permis d'avancer dans la bonne direction. Je regrette de ne pas avoir pu me rendre en Chine comme prévu en raison de la crise sanitaire du Covid-19. Malgré les difficultés dues à la distance, je le remercie de m'avoir donné les moyens de réaliser des sondages et expérimentations en Chine.

Je remercie Julie Stal-Le Cardinal, Améziane Aoussat, Joanna Daaboul et Philippe Rauffet d'avoir accepté d'être les rapporteurs et examinateurs de ma thèse. Je les remercie pour leur relecture de mon manuscrit, leurs remarques et échanges très constructifs et pour avoir assisté à ma soutenance de thèse.

Je remercie toutes les personnes qui ont participé à ces travaux de thèse. Je pense aux membres de l'équipe PACCE du LS2N pour leurs conseils en toute bienveillance. Je pense aux stagiaires, aux étudiants de l'École Centrale de Nantes et aux étudiants de l'Université Tsinghua qui ont travaillé sur un sujet contribuant à cette recherche. Je pense aux membres du CSI, Pascale Kuntz et Philippe Rauffet, pour le temps qu'ils m'ont accordé et pour les échanges très enrichissants que

nous avons pu avoir. Je pense aux doctorants avec qui j'ai eu plaisir de discuter, de manger, de faire du sport et de travailler. Je pense aux membres de l'association AFD44 pour s'être intéressés à cette recherche et pour avoir diffusé les expérimentations auprès de personnes diabétiques. Je remercie également les nombreux participants aux expérimentations menées, qui m'ont permis d'avoir des résultats intéressants et qui ont fait avancer cette recherche.

Finalement, je remercie tous mes proches qui m'ont aidée de nombreuses façons. Je pense à ma famille, particulièrement à ma maman et à mes sœurs, pour leurs encouragements, leur soutien et pour m'avoir accueillie lors de l'annulation du séjour en Chine. Je pense bien-sûr à mon conjoint pour ses encouragements, son écoute à tous mes questionnements et ses relectures. Je pense à mes amis, sur Nantes ou dans les quatre coins du monde, me permettant de décompresser lors de vacances, d'un week-end ou le temps d'une soirée. Je pense à mes colocataires, toujours présents lorsqu'il faut se changer les idées. Le soutien de tous mes proches a été particulièrement important durant cette période de pandémie. J'ai aussi une forte pensée pour mon papa qui, de là-haut, me donne toujours la force d'avancer. Je pense aussi à mon beau-frère qui s'intéressait beaucoup à cette recherche.

TABLE DES MATIERES

Chapitre 1 : Contexte de recherche	13
1.1 Émergence des services de santé à distance.....	13
1.1.1 Définitions : e-santé, télémédecine/télesanté et m-santé.....	13
1.1.2 Développement des outils pour le patient	16
1.1.3 Opportunités pour les systèmes de santé, les patients et la médecine	19
1.1.4 Émergence dans les systèmes de santé.....	22
1.1.5 Adoption des services et outils par les patients.....	23
1.1.6 Obstacles au déploiement.....	24
1.2 Objectifs et approche de recherche	26
1.2.1 Questions de recherche	26
1.2.2 Plan de thèse.....	29
Chapitre 2 : État de l'art	30
2.1 Introduction.....	30
2.2 Émotions	30
2.2.1 Théories des émotions.....	30
2.2.2 Mesures des émotions	35
2.2.3 Influence des caractéristiques individuelles	42
2.2.4 Émotions et santé	46
2.3 Conception centrée-utilisateur.....	48
2.3.1 Conception centrée sur l'expérience-utilisateur (UX)	48
2.3.2 La conception UX d'interfaces	50
2.3.3 La conception UX des services de santé	51
2.3.4 Influence des caractéristiques individuelles	53
2.3.5 Algorithme génétique interactif pour la conception d'interface	57
2.4 Conclusion : positionnement de la recherche et contributions.....	59

Chapitre 3 : Réponses émotionnelles à la consultation de données de santé	62
3.1 Introduction.....	62
3.2 Méthode expérimentale	63
3.2.1 Procédure expérimentale.....	63
3.2.2 Mesures	69
3.2.3 Participants.....	72
3.2.4 Traitement des données physiologiques.....	72
3.2.5 Analyse statistique	80
3.3 Résultats.....	80
3.3.1 Les réponses collectées	80
3.3.2 Les réponses subjectives	80
3.3.3 Les réponses comportementales.....	81
3.3.4 Les réponses physiologiques.....	82
3.3.5 Corrélation entre les réponses subjectives, comportementales et physiologiques	85
3.3.6 Influence des caractéristiques individuelles	85
3.4 Discussion et conclusion	87
3.4.1 Analyse des résultats	87
3.4.2 Limites et perspectives.....	89
3.4.3 Conclusion	91
Chapitre 4 : Conception centrée sur l’expérience-patient d’une interface de santé :	
Étude d’une application pour le suivi du diabète	92
4.1 Introduction.....	92
4.2 Comparaison culturelle des interfaces de santé existantes	95
4.2.1 Méthode	95
4.2.2 Résultats	99
4.2.3 Discussion	101
4.2.4 Conclusion	102
4.3 Enquête : expériences, habitudes et préférences dans les interfaces de santé.....	104
4.3.1 Questionnaire de l’enquête.....	104
4.3.2 Diffusion et participants.....	109
4.3.3 Quelques résultats	109
4.3.4 Discussion et conclusion.....	114
4.4 Optimisation de l’interface de santé améliorant la satisfaction-patient	115
4.4.1 Objectif du problème d’optimisation	115
4.4.2 Variables d’interface	116
4.4.3 L’algorithme génétique interactif.....	119
4.4.4 Procédure expérimentale et mesures	122

4.4.5 Déroulement et participants	126
4.4.6 Résultats	128
4.4.7 Discussion et conclusion	134
Chapitre 5 : Conclusion générale.....	137
5.1 Conclusion des travaux réalisés	137
5.2 Contributions	140
5.3 Approfondissement et perspectives	140
Bibliographie.....	144
Annexes.....	158
A Réponses émotionnelles à la consultation de données de santé	158
A.1 Installation et équipements de l'expérimentation.....	158
A.2 Questionnaires sur les caractéristiques individuelles	159
A.3 Tutoriels fournis aux participants sur l'explication des données	164
A.4 Résultats de l'analyse statistique sur les réponses physiologiques.....	166
B Comparaison culturelle des interfaces de santé	172
B.1 Applications européennes et chinoises sélectionnées.....	172
B.2 Variables des applications existantes et résultats de l'analyse statistique	174
B.3 Représentation des données de santé sur les applications sélectionnées	177
C Enquête : expériences, habitudes et préférences dans les interfaces de santé : questionnaire et résultats	182
D Optimisation de l'interface de santé améliorant la satisfaction-patient : site Internet de l'expérimentation	199

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Liste des figures

Figure 1-1 : Positionnement des concepts de e-santé, télésanté, m-santé, télésurveillance et <i>quantified-self</i>	15
Figure 1-2 : Interactions entre les différents acteurs (patient en vert, personnel médical en orange et outils de santé en bleu) lors d'une pratique de santé à distance par le patient	19
Figure 1-3 : Modélisation du contexte recherche et représentation des questions de recherche	28
Figure 2-1 : Les approches basales et dimensionnelles sur la construction des émotions.....	32
Figure 2-2 : Processus d'évaluation d'un stimulus et ses manifestations – Inspirée de [87]	34
Figure 2-3 : Dimensions du Modèle de Hofstede pour la France et la Chine (Issue de [146])	44
Figure 2-4 : Relations entre conception d'interface, expérience-utilisateur et comportement	51
Figure 2-5 : Routine d'un algorithme génétique interactif (IGA)	58
Figure 3-1 : Démarche de l'expérimentation.....	63
Figure 3-2 : Équipements sans fil BioNomadix de Biopac pour l'acquisition des mesures physiologiques.....	64
Figure 3-3 : Session principale de l'expérimentation : ordre et temps des consultations.....	65
Figure 3-4 : Exemple d'une notification se déclenchant sur l'interface-utilisateur.....	66
Figure 3-5 : Représentation des données de santé et météorologiques affichées sur l'interface.....	67
Figure 3-6 : Procédure expérimentale	68
Figure 3-7 : Questionnaires mesurant les réponses subjectives à la consultation des données	71
Figure 3-8 : Procédure et graphiques utilisés pour le calcul des indicateurs ECG.....	74
Figure 3-9 : Signaux de l'activité phasique (PHA) et des réponses électrodermales (SCR) établis à partir d'un signal EDA sur AcqKnowledge	76
Figure 3-10 : Représentation des fenêtres de mesure utilisées lors d'un processus de consultation.....	78
Figure 3-11 : Évolution d'indicateurs ECG lors des consultations de données	79
Figure 3-12 : Résultats statistiques des réponses subjectives et comportementales.....	81
Figure 3-13 : Résultats statistiques des réponses physiologiques ECG	84
Figure 3-14 : Influence du genre sur les réponses ECG – Résultats statistiques.....	86

Figure 4-1 : Méthode de conception centrée-patient d'une application de santé	94
Figure 4-2 : Exemples de représentations des données de santé sur des applications européennes et chinoises : carnets de suivi, statistiques et graphiques	98
Figure 4-3 : Modélisation des émotions – Selon le Modèle Circumplex de Russell.....	106
Figure 4-4 : Les types de représentations des données de santé présentés dans l'enquête (Q°36).....	107
Figure 4-5 : Les graphiques présentés dans l'enquête (Q°37).....	108
Figure 4-6 : Résultats enquête Q° 11 : nombre de mesures de glycémie par jour.....	110
Figure 4-7 : Résultats enquête Q° 19 : applications utilisées pour le suivi du diabète.....	110
Figure 4-8 : Résultats enquête Q° 20 : fréquence d'utilisation des applications pour le suivi du diabète.	111
Figure 4-9 : Résultats enquête Q° 27 : problèmes rencontrés ou raisons de non-utilisation d'objets connectés et/ou applications de santé	111
Figure 4-10 : Résultats enquête Q° 28-30 : émotions ressenties du suivi de la glycémie, pour trois niveaux : hyperglycémie, hypoglycémie et lorsque les mesures sont dans la cible	112
Figure 4-11 : Résultats enquête Q° 31 : émotions souhaitées lors des mesures de glycémie.....	113
Figure 4-12 : Résultats enquête Q° 32 : problèmes émotionnels rencontrés.....	113
Figure 4-13 : Résultats enquête Q° 36 : préférences dans les types de représentation des données de santé (cf. Figure 4-4)	113
Figure 4-14 : Résultats enquête Q° 37 : préférences dans la représentation des graphiques (cf. Figure 4-5)	114
Figure 4-15 : Modélisation de l'expérience-patient face aux variables d'interface	116
Figure 4-16 : Image de l'interface d'application utilisée pour le problème d'optimisation pour différentes couleurs (variable d'interface AC)	117
Figure 4-17 : Exemples d'images du journal, des statistiques et du graphique pour différentes combinaisons possibles des variables d'interface	118
Figure 4-18 : Routine de l'IGA et représentation des opérations de mutation, croisement et sélection ...	120
Figure 4-19 : Affichage d'une population initiale par l'IGA	121
Figure 4-20 : Nombre moyen de générations (sur 1000 tests) pour atteindre une interface cible avec un IGA en mode automatique en fonction des paramètres Rm et Rc.....	122
Figure 4-21 : Procédure de l'expérimentation.....	122
Figure 4-22 : Page (8) du site internet : explication sur l'optimisation d'interface par un IGA.....	124
Figure 4-23 : Page (12) du site Internet : questionnaire sur l'expérience subjective d'une interface : émotions, qualité perçue, satisfaction et intention d'utilisation	126
Figure 4-24 : Variables d'interface sur lesquels les participants ont indiqué se concentrer pour faire leur choix lors de l'IGA.....	128
Figure 4-25 : Dépendance entre caractéristiques démographiques et de gestion du diabète avec les caractéristiques d'habitudes et traits individuels des participants	129
Figure 4-26 : Préférences des participants dans les variables d'interface	131
Figure 4-27 : Influence des caractéristiques individuelles sur les préférences dans les variables d'interface	132
Figure 4-28 : Comparaison de l'expérience des participants entre l'interface favorite et une interface « opposée ».....	133
Figure 4-29 : Modélisation de l'expérience-patient : corrélations entre les différents aspects de l'expérience des participants	134
Figure 5-1 : Les études menées dans ce travail pour répondre aux questions de recherche.....	139

Liste des tableaux

Tableau 2-1 : Exemples de questionnaires pour la mesure d'états affectifs et de stress subjectifs	37
Tableau 2-2 : Liste d'indicateurs sur les activités cardiaques (ECG) et électrodermales (EDA) pour mesurer les réactions émotionnelles ou de stress physiologiques	42
Tableau 3-1 : Questionnaire sur les habitudes d'utilisation des outils de santé à distance.....	70
Tableau 3-2 : Caractéristiques individuelles des participants	72
Tableau 3-3 : Liste des indicateurs ECG et EDA utilisés pour l'analyse des réponses physiologiques.....	75
Tableau 3-4 : Moyenne de la statistique de Friedman Q sur les 4 fenêtres glissantes par taille de fenêtre.	82
Tableau 4-1 : Applications européennes et chinoises sélectionnées : nom, logo, pays d'origine et nombre de téléchargements (au mois de Octobre 2020).....	96
Tableau 4-2 : Variables sur la représentation des données de santé des applications existantes.....	97
Tableau 4-3 : Variables sur la structure des applications existantes - Résultats de l'analyse statistique ..	100
Tableau 4-4 : Variables sur les outils des applications existantes - Résultats de l'analyse statistique.....	100
Tableau 4-5 : Liste des questions posées dans l'enquête.....	105
Tableau 4-6 : Liste des variables d'interface du problème d'optimisation	117
Tableau 4-7 : Caractéristiques individuelles des participants	127
Tableau 4-8 : Classes de participants formées sur les caractéristiques démographiques et de diabète	128

CHAPITRE 1 :

CONTEXTE DE RECHERCHE

1.1 Émergence des services de santé à distance

La pratique de la **santé à distance** débute dans les années 1920, notamment par de la téléassistance médicale effectuée par téléphone durant les croisières transatlantiques [1]. La première consultation vidéo à distance a eu lieu en 1959 entre l'institut psychiatrique du Nebraska et un hôpital de Norfolk [2]. Le développement rapide des Technologies de l'Information et des Communications (TIC) dans les années 1990 a complètement révolutionné les systèmes de santé dans le monde, ouvrant de nombreuses perspectives pour des services médicaux pouvant dorénavant s'effectuer à distance. Depuis, la santé à distance n'a cessé d'évoluer [3–5]. Elle a plus particulièrement connu un rebond important depuis le début de l'épidémie mondiale de COVID-19, montrant qu'elle pouvait être une solution efficace pour maintenir des soins médicaux aux patients en gardant une distance physique [6, 7].

1.1.1 Définitions : e-santé, télémédecine/télésanté et m-santé

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) reconnaît la **télésanté** en 1998 [8] et la définit comme « *la prestation de services de santé et de soins, lorsque les patients et les professionnels de santé sont séparés par la distance. La télésanté utilise les TIC pour l'échange d'informations, le diagnostic, le traitement des maladies et des blessures, la recherche et l'évaluation, et la formation continue des professionnels de la santé* » [3]. La télésanté peut concerner les structures de santé (hôpitaux, centres médicaux), les professionnels de santé (médecins, spécialistes, auxiliaires médicaux, pharmaciens) et les patients [9]. Elle peut être en temps réel ou asynchrone, appuyée par des dispositifs portables ou fixes, et basée sur une variété de supports tels que du texte, de l'audio, des vidéos ou des images. Nous notons que selon les domaines et pays, les définitions des termes de télémédecine, télésanté et e-santé peuvent varier [10]. Nous utilisons la pratique de l'OMS en considérant que la **télémédecine** et la télésanté sont synonymes.

Le concept de **e-santé**, illustré par la Figure 1-1, se définit comme l'application des TIC à l'ensemble des activités liées à la santé et au bien-être [11]. La e-santé comprend la télésanté, mais également des applications plus larges comme l'éducation, l'administration, l'élaboration des structures de santé, les connaissances et la recherche en santé.

L'OMS définit pour la première fois la **m-santé** (santé sur mobile) en 2009, comme une « *pratique médicale et de santé publique reposant sur des dispositifs mobiles tels que des téléphones portables, des systèmes de surveillance des patients, des assistants numériques personnels et d'autres appareils sans fil* » [12]. La m-santé peut concerner la communication entre les patients, professionnels et structures de santé, l'accès à l'information (dossier médical du patient, site internet, réseaux sociaux) et la télésurveillance [13]. Elle peut être utilisée à des fins médicales, dans le cadre de la télésanté, ou de bien-être (pour le suivi des activités sportives, de l'alimentation ou du sommeil par exemple). Ce domaine est dominé par des **applications mobiles** qui peuvent être reliées à des **objets connectés** de santé. Ceux-ci permettent de mesurer des paramètres de santé, comme des signes physiologiques, d'activité ou liés à l'environnement des patients, en continu, en tout lieu et en temps réel [14, 15].

Les attentes de la santé à distance touchent essentiellement le domaine de la **télésurveillance**, permettant à un professionnel de santé de suivre à distance les données de santé d'un patient par un dispositif médical et de prendre des décisions sur sa prise en charge. La télésurveillance peut être mobile et s'appuyer sur des objets connectés et applications de santé, ou fixe et installée chez le domicile du patient. Elle peut être automatisée ou réalisée par le patient lui-même [16, 17].

Pouvant s'étendre bien au-delà d'un cadre médical, le **quantified-self**, ou l'auto-mesure de soi, prend une envergure internationale en 2011. Ce phénomène désigne l'utilisation d'objets connectés et applications de m-santé pour quantifier, suivre, analyser et partager ses propres paramètres de santé tels que des données physiologiques, d'activités ou liés à l'environnement de l'utilisateur [18, 19]. La finalité est de comparer ses mesures avec des objectifs fixés dans le but de constamment s'améliorer. Ce phénomène peut sortir du cadre de la e-santé et toucher d'autres domaines tels que le suivi professionnel, le suivi scolaire ou la finance.

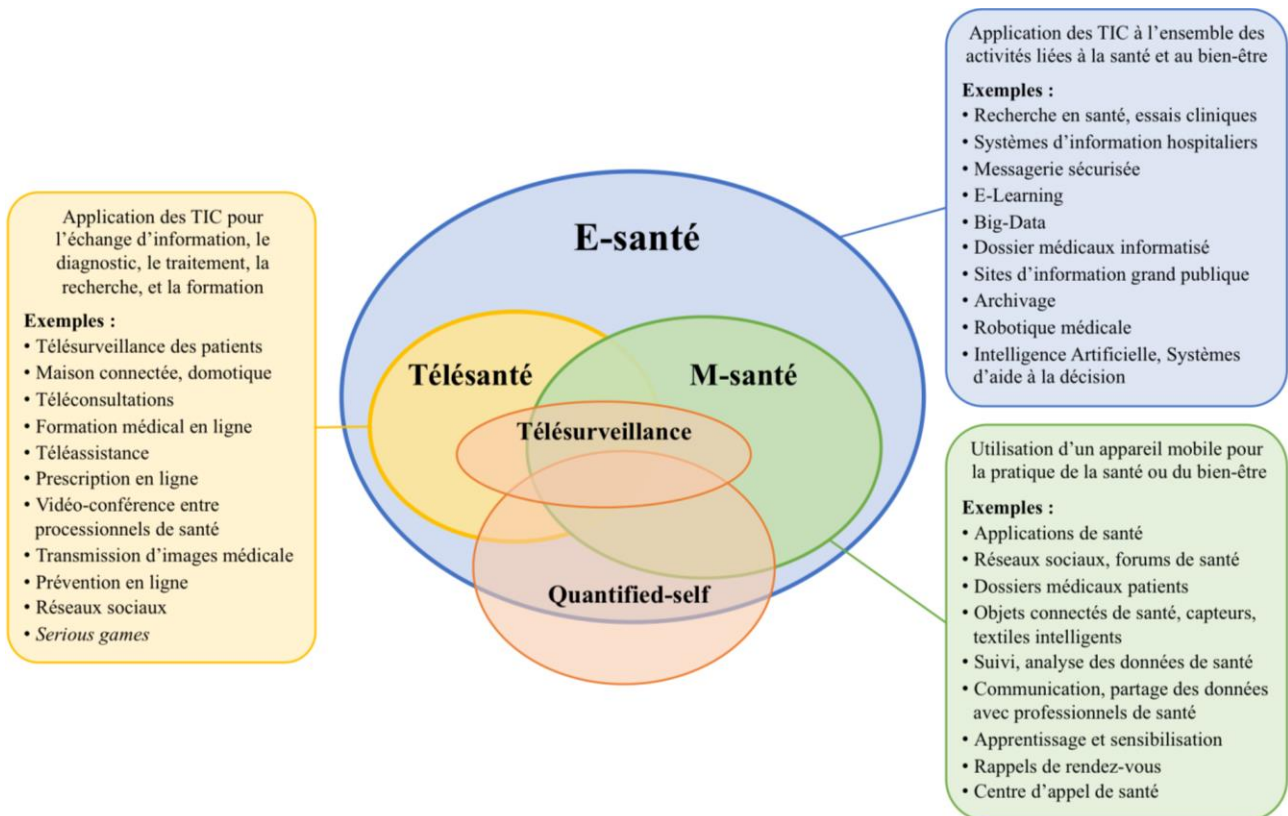


Figure 1-1 : Positionnement des concepts de e-santé, télésanté, m-santé, télésurveillance et *quantified-self*

Les services de santé à distance cités ci-dessus sont fortement liés et il devient difficile de les distinguer. La Figure 1-1 représente le positionnement des différents concepts, en s'appuyant sur des exemples. Les nombreuses définitions et leur évolution montrent qu'il s'agit de domaines en pleine croissance. Ils constituent un ensemble de technologies et de pratiques, que nous appelons la **santé à distance**. Elle peut entrer dans un cadre médical ou de bien-être, être mobile ou fixe, et être pratiquée pour l'exercice de la médecine, pour le suivi de sa santé, pour de la recherche médicale, pour l'éducation, pour l'administration et pour l'élaboration des structures de santé. Elle peut impliquer de nombreux acteurs, comme les patients, les professionnels et structures de santé, et de nombreuses technologies, comme des sites internet, des applications mobiles, des dispositifs de mesure, mais aussi des bases de données et des algorithmes d'analyse.

Dans ce travail de recherche, nous nous concentrons sur des pratiques de santé à distance, notamment sur la télémédecine et la m-santé, dans un cadre médical ou de bien-être. Nous mentionnons le patient comme la personne recevant un service ou utilisant une technologie de santé à domicile, à distance des professionnels et structures de santé. Nous nous concentrons sur des pratiques incluant le patient, en considérant le plus souvent sa perspective.

1.1.2 Développement des outils pour le patient

Les outils de santé à distance se sont multipliés dans le monde, notamment par des **plateformes de santé en ligne** permettant de consulter des professionnels de santé, de prendre des rendez-vous, d'acheter des médicaments, d'accéder au dossier médical du patient, aux réseaux d'hôpitaux, à l'assurance médical, etc. En particulier, le dossier médical informatisé du patient permet de stocker et de partager les informations de santé du patient, comme ses ordonnances, ses traitements, ses résultats d'examens, ses antécédents médicaux et ses vaccinations, avec les professionnels de santé.

En France, la première plateforme de télémédecine est Doctolib. En 2020, 34 % de tous les rendez-vous médicaux ont été pris en ligne sur cette plateforme [20]. La plateforme Mon Espace Santé a été mise en place récemment. Elle contient le dossier médical du patient, une messagerie pour communiquer avec des professionnels de santé et un agenda pour gérer les rendez-vous médicaux et les rappels de vaccins. Elle peut être accessible par les professionnels de santé si les patients le souhaitent [9]. Il existe aussi de nombreuses plateformes de téléconsultation telles que Qare, Livi, Maiia, Hellocare, Médecindirect, Medaviz, ou Consulib.

En Chine, pays sur lequel notre attention se porte particulièrement du fait du co-encadrement franco-chinois de ce travail, une des plus grandes plateformes de télémédecine est Good Doctor, développée par Ping An. En 2020, cette plateforme comptait 346 millions de patients enregistrés, plus de 1 800 professionnels de santé et environ 10 000 experts externes [21, 22]. Cette entreprise propose aussi des cabines où les patients peuvent consulter un médecin virtuel. Basé sur l'intelligence artificielle, le système propose un diagnostic et des traitements, qui sont ensuite validés par un médecin. WeDoctor de Tencent, est également un grand réseau de télémédecine. En 2021, il comptait 27 hôpitaux Internet, 7 800 autres hôpitaux et 222 millions de patients enregistrés [23]. D'autres entreprises offrent des plateformes de télémédecine telles que Alibaba Health, JD Health, DXY.cn, Haodf, Huawei et Meituan.

Ce sont principalement les **outils de m-santé** qui sont actuellement en plein essor. Le rapport IQVIA sur les tendances du digital santé en 2021 montre l'évolution des **applications de santé** dans le monde [24]. Plus de 350 000 applications de santé sont disponibles sur les plateformes de téléchargements, dont 90 000 qui ont été publiées en 2020. Les applications peuvent concerner le sport (25%), des maladies spécifiques (22%), le bien-être et le stress (18%), la nutrition (11%), la santé et la grossesse des femmes (9%), les rappels et informations sur les médicaments (9%) et les prestations de soins et assurance (7%).

Les applications peuvent être **spécifiques à une maladie**. Les domaines de santé pour lesquels il existe le plus d'applications sont la santé mentale, le diabète et les problèmes cardio-circulatoires [24]. Par exemple, des applications soutiennent la réhabilitation des patients atteints de schizophrénie, permettant aux patients d'autogérer leur maladie par la prise des médicaments, la régulation de l'humeur, le sommeil, le fonctionnement social et la gestion des symptômes [25].

Les applications pour le **suivi du mode de vie**, touchant au bien-être, au sport, au sommeil ou à la nutrition, sont nombreuses. Les plus utilisées aux Etats-Unis fin 2020 sont MyFitnessPal, Fitbit, Nike Run Club et Samsung Health. Les applications suivantes sont aussi beaucoup utilisées : Strava, Leap Fitness, Life Sum Fitness, Apple Health, Flo Fit, Calm App [26]. Elles proposent des conseils et activités, tels que des exercices de méditation, des recettes de repas, ou des exercices physiques. Elles permettent également de suivre des données de santé telles que les calories/repas consommés, le poids, l'activité cardiaque, le nombre de pas/activités effectués, les traces GPS, les heures de sommeil ou les jours de menstruation. Ces données de santé peuvent être saisies manuellement ou relevées par des objets connectés.

Le nombre d'**objets connectés** n'a cessé d'évoluer, passant de 73 millions en 2016 dans le monde et estimé à 161 millions en 2020 [27]. Il existe beaucoup d'outils permettant de mesurer des **signaux physiologiques**, comme des tensiomètres, des électromyogrammes, des glucomètres, des balances, des électrocardiogrammes, ou des thermomètres. Ces outils peuvent être installés sur plusieurs types de supports, comme des montres, des ceintures, des capteurs sous-cutanés, des boîtiers ou des lentilles de contact. La montre équipée d'un électrocardiogramme est l'objet connecté le plus utilisé. Comme autres exemples, les lentilles de contact connectées peuvent mesurer le taux de glucose dans le liquide lacrymal et la pression intraoculaire [28]. Les glucomètres connectés, principalement utilisés pour le suivi du diabète, peuvent aussi être sous forme de lecteurs à bandes réactives, de capteurs sous-cutanés ou de biocapteurs sur une montre. Des systèmes d'échographie connectés permettent de mesurer l'activité cardiaque, les mouvements corporels et respiratoires du fœtus, ainsi que le volume de liquide amniotique [29].

Les objets connectés peuvent aussi mesurer des **signes d'activité**, comme des podomètres, des piluliers, des brosses à dents, des détecteurs de chutes, ou des analyseurs de sommeil. Par exemple, la SmartCane, est une canne pour personne ayant des difficultés à se déplacer. Elle est équipée d'un système de géolocalisation, d'un bouton d'alerte envoyant un message à un aidant et de capteurs de mouvements. Elle reconnaît les habitudes de l'utilisateur et peut envoyer une alerte si elle repère une situation anormale comme une chute [30].

Tous ces outils peuvent être regroupés pour créer des **programmes complets de suivi**. Le programme myDiabby pour la gestion du diabète est le plus gros programme de télésurveillance en France [31]. Il est utilisé par 490 services hospitaliers pour suivre 200 000 patients. Le programme Medly, fonctionnant depuis 2017 dans une clinique ambulatoire de fonction cardiaque à Toronto, Canada [32], permet la télésurveillance de patients atteints d'insuffisance cardiaque. Pour le suivi des personnes âgées, des maisons connectées, équipées de capteurs et d'actionneurs, surveillent l'environnement, la santé et les activités des habitants [14, 16, 17].

Ces outils et services sont soutenus par des **bases de données** et des **algorithmes** permettant de stocker les données de santé et de les analyser pour proposer des statistiques, des pronostics, des recommandations ou des aides à la décision. L'intelligence artificielle (IA) pour la santé est actuellement un domaine de recherche en pleine expansion [33]. Des algorithmes ont été conçus pour aider les patients dans l'auto-gestion de leur santé. Par exemple, des applications pour le suivi du diabète recommandent aux patients la quantité d'insuline à injecter en fonction des mesures de glycémie effectuées. Ou encore, des applications, tel que Symptomate, évaluent des symptômes par l'IA et émettent des suggestions sur les causes possibles, les mesures à prendre et les tests à effectuer [34]. Des algorithmes ont aussi été développés pour épauler les professionnels de santé dans l'exercice de la médecine.

La Figure 1-2 représente les interactions entre les différents **acteurs** lors de pratiques de santé à distance, notamment entre le patient, les structures et professionnels de santé, et les outils de santé à distance (objets connectés ou interfaces de santé). Le patient peut mesurer des données de santé via des objets connectés, qui peuvent être transférées sur la base de données, et ensuite consultées par les professionnels de santé dans le cas de la télésurveillance, ou par le patient lui-même sur une interface de santé. Le patient peut interagir directement avec l'interface de santé, comme pour consulter son dossier médical ou des sites médicaux de santé. Les patients et professionnels de santé peuvent communiquer directement pour de la téléconsultation. Le personnel médical peut transmettre des informations au patient, comme les résultats d'une analyse médicale, via la base de données.

chez les ophtalmologistes, les dermatologues et les psychiatres, est long : il faut compter 29 jours à Paris et 97 jours dans les petites et moyennes communes pour obtenir d'un rendez-vous chez un ophtalmologiste [40]. La Chine fait aussi face à ces problématiques [41]. Elles sont principalement expliquées par le vieillissement de la population, l'augmentation des maladies chroniques, une population plus attentive à sa santé et une augmentation de la couverture de l'assurance-maladie. La santé à distance permet d'augmenter la capacité des centres médicaux et d'apporter des services de santé dans des zones éloignées [42]. Par exemple, la télémédecine en Chine, permet de relier les grands hôpitaux spécialisés à des centaines de petits hôpitaux ruraux, améliorant les services de santé en zones rurales [43].

D'un point de vue économique, la santé à distance permet de **réduire les coûts** de prise en charge des patients [44]. Atmojo et al. (2020) [45] ont montré que la télémédecine réduisait grandement les coûts des systèmes de santé, mais aussi les coûts personnels des patients. L'étude réalisée par la société IQVIA et l'association des laboratoires japonais présents en France (LaJaPF) [46] a montré que la prise en charge des maladies chroniques par la télémédecine permettrait une réduction importante des coûts en France (de 6% à 21%). Notamment, 356 millions d'euros d'économies pourraient être réalisés par an sur la prise en charge de l'hypertension artérielle, du cancer de la prostate et de la rétinopathie diabétique.

La santé à distance place le **patient** au cœur des processus de soins, favorisant des services **personnalisés**. La télésurveillance [17], la mesure de paramètres de santé en continu et en temps réel par les objets connectés [47] ou l'utilisation des dossiers médicaux électroniques [9] permettent de mesurer, collecter et stocker un grand nombre de données de santé des patients. Ces données peuvent être partagées avec les professionnels de santé pour adapter les traitements, être alertés aux premiers signes de détérioration et prendre en charge les patients plus rapidement. La santé centrée sur le patient est particulièrement intéressante pour le suivi des maladies chroniques, des affections de longue durée et des personnes vulnérables à domicile. Par exemple, des objets connectés permettent aux patients atteints de diabète de mieux gérer leur maladie par un suivi continu de la glycémie [48–50]. Les maisons connectées améliorent les soins et la sécurité apportés aux personnes âgées [17, 51]. La télésurveillance des patients atteints d'insuffisance cardiaque entraîne une diminution des réadmissions à l'hôpital [52]. La téléconsultation est aussi une alternative efficace aux consultations en face-à-face pour améliorer les résultats cliniques [53].

C'est une **médecine participative** : les patients deviennent acteurs du contrôle de leur santé. L'accès facilité aux données de santé permet aux patients de mieux auto-gérer leur maladie, leur

santé générale et leur bien-être. Cette enquête [54] a montré que les comportements en santé, en particulier la surveillance de la glycémie, de l'alimentation et des activités physiques, étaient plus élevés chez les personnes diabétiques utilisant des applications de santé. Les patients peuvent aussi davantage communiquer entre eux, partager des conseils, et se soutenir, par les réseaux sociaux et les forums en santé. Ils peuvent aussi accéder à un grand nombre d'informations et de formations via des sites Internet en santé grand public.

Il existe aussi des avantages importants pour la **qualité de vie des patients** [35], y compris un gain de temps, des coûts personnels moins élevés [45], une meilleure connaissance de soi, un contrôle sur sa santé, une amélioration des habitudes de vie et des possibilités d'éducation. Selon une enquête réalisée en janvier 2019 par Harris Interactive [55], les principaux leviers encourageant les Français à téléconsulter sont la perspective de gagner du temps, la possibilité de consulter sans avoir à se déplacer, la rapidité d'échange, la simplicité de prendre un rendez-vous et l'extension des horaires de consultation. Mousa et al. (2019) [56] ont montré que la télémédecine augmente la qualité de vie des patients en post-chirurgie vasculaire. Avec la télésurveillance, les personnes âgées ou atteintes de maladies chroniques peuvent être maintenues plus longtemps à domicile avec une meilleure qualité de vie [17, 51].

La santé à distance encourage également les **professionnels de santé** à collaborer et à partager des compétences et connaissances médicales [5, 43]. Une expertise manquante dans un centre médical peut être apportée par un autre centre médical à distance. Des conseils, opinions et formations peuvent être échangés entre professionnels de santé. Des outils, basés notamment sur l'intelligence artificielle, aident et soutiennent les professionnels de santé par des analyses, des pronostics, des recommandations ou des aides à la décision [33].

La santé à distance a aussi un grand potentiel pour la **recherche médicale** dans les essais cliniques, dans le développement de traitements ou d'indicateurs de diagnostic. Les objets connectés permettent de récolter des données objectives, continues et mesurées dans la vie quotidienne, afin d'étudier des maladies. Par exemple, la Dystrophie musculaire de Duchenne peut être analysée par un accéléromètre connecté [57]. L'analyse de la démarche des personnes peut permettre de détecter des maladies neurodégénératives, telles que les maladies d'Alzheimer et de Parkinson [58]. L'étude de Maetzler & Pilotto (2021) [59] montre le potentiel de la m-santé pour identifier des symptômes de la maladie de Parkinson.

1.1.4 Émergence dans les systèmes de santé

En raison des avantages socio-économiques des services de santé à distance, les politiques du monde ont pris des initiatives favorisant son développement et son **intégration dans les systèmes de santé** [60]. L'enquête mondiale menée par l'OMS en 2015 et publiée en 2017 [3] démontre une croissance impressionnante des services de e-santé dans la plupart des pays : 58% des pays (sur 125 pays) disposent d'une stratégie politique de e-santé et 90% de ces pays disposent d'un financement spécial pour celle-ci. Le nombre de programmes de télésanté varie selon les régions : la région européenne ayant déclaré le plus grand nombre de programmes et la région africaine le moins. Quant à la m-santé, 83 % des pays répondants ont signalé au moins une initiative de m-santé dans leur pays en 2009 : 77% des pays à faible revenu et 87 % des pays à revenu élevé [12].

En France, la télémédecine a été réglementée pour la première fois avec la loi du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires (HPST). Sa mise en œuvre est précisée en 2010 (décret 2010-1229, 19/10/2010). La télémédecine entre dans le droit commun de l'assurance-maladie en 2018 (avenant 6 à la convention médicale, 01/08/2018). La réforme du système de santé, nommé « Ma Santé 2022 », concrétisée par la loi relative à l'organisation et à la transformation du système de santé (26/07/2019), favorise l'utilisation des outils numériques. Suite à la crise sanitaire du COVID-19, les règles de réalisation des actes de télémédecine se sont assouplies et toutes les téléconsultations sont dorénavant prises en charge par l'assurance-maladie (loi 2020-290, 23/02/2020). L'assurance-maladie a recensé 28 000 téléconsultations remboursées en décembre 2019 et 4,3 millions en avril 2020, représentant 11% de l'ensemble des consultations [40].

La croissance de la santé à distance passe aussi par les **professionnels de santé** qui l'intègrent de plus en plus dans leur pratique. L'enquête réalisée par Ipsos et l'ASIP Santé en France en 2017 montre que 63% des professionnels de santé utilisent fréquemment au moins 5 technologies parmi le dossier-patient informatisé, les sites d'information médicaux, les outils d'aides à la décision, la téléconsultation, les applications et les objets connectés. Ils les utilisent principalement pour accéder aux résultats d'analyse d'un patient, pour transmettre les données d'un patient à un autre professionnel de santé et pour communiquer avec leurs confrères [61].

En Chine, la commission nationale de la santé et de la planification familiale publie en 2014 un document nommé « Guide technique pour la construction d'un système d'information de télémédecine », marquant le soutien du gouvernement pour le développement de la télémédecine. Ces directives proposent un cadre de mise en œuvre de la télémédecine, sur l'administration, les

remboursements et la confidentialité des données des patients. Elles établissent des plans stratégiques, dont l'unification des plateformes indépendantes pour créer un réseau national de télémédecine. La télémédecine fait aussi partie des objectifs du programme *Healthy Chinese Initiative 2030*, lancé en 2016, visant à réformer le système de santé. Depuis le début de l'épidémie de COVID-19, le gouvernement a promulgué plusieurs décrets favorisant son développement, comme le remboursement des consultations en ligne et de la vente de médicaments courants [62].

La santé à distance en Chine s'est beaucoup développée pour mettre en **relation les centres médicaux** entre eux, y compris des centres médicaux étrangers, des hôpitaux locaux ou des centres de santé communautaires chinois [63]. En 2002-2013, le gouvernement a sponsorisé un réseau de télémédecine au sein du *West China Hospital of Sichuan University*. Cet hôpital est relié à 249 hôpitaux dans 112 villes de l'ouest de la Chine [43]. Le *Second Affiliated Hospital Zhejiang University* est l'hôpital central du plus grand réseau de télémédecine en Chine.

La politique chinoise vise aussi à développer les **hôpitaux Internet**. Il s'agit de plateformes en ligne en lien avec des hôpitaux et offrant des services de télésanté directement aux patients. Le service ambulatoire dans la province du Guangdong, en Chine, est le premier hôpital Internet officiellement légalisé le 25 octobre 2014. En 2018, le gouvernement a formulé des réglementations sur la gestion des hôpitaux sur Internet, marquant le début du développement standardisé des hôpitaux Internet [64]. En janvier 2019, le nombre d'hôpitaux Internet enregistrés était d'environ 130 dans 25 provinces [21].

1.1.5 Adoption des services et outils par les patients

Les patients semblent **adhérer** au développement de la santé à distance. Selon l'enquête de Harris Interactive en 2019 [55], 63% des Français sont favorables au développement des téléconsultations. L'enquête « *L'e-santé vue par les patients : risque ou opportunité ?* », réalisée par Pfizer et le Cercle P en 2018 en France, estime que 76% d'associations de patients sont favorables au développement de l'e-santé, 77% pensent que le numérique facilite la baisse des déserts médicaux et 62% voient l'e-santé comme positif sur la prévention, le suivi et l'adhésion au traitement [65].

La santé à distance s'intègre de plus en plus dans le **quotidien des patients**. Ils se tournent davantage vers Internet pour s'informer sur leur santé. Selon une enquête réalisée par Google et Kantar en France en 2019 : 46% des patients cherchent des informations sur leurs symptômes, 54% sur les traitements, 46% sur du contenu autour du bien-être, de la nutrition et des médecines alternatives, 36% vérifient l'information du professionnel de santé et 38% font des recherches en

ligne avant d'aller chez le médecin [66]. Un point d'attention est néanmoins à porter sur la véracité des informations trouvées sur Internet et sur le risque d'automédication. Le sondage réalisé par *Healthcare Data Institute* en octobre 2018 montre que 29% des personnes ont déjà parlé de leur santé sur Internet, via des réseaux sociaux, des forums de discussion ou des communautés spécialisées [67]. Les applications de m-santé sont aussi de plus en plus présentes dans la vie quotidienne des individus. Selon un sondage effectué au Etats-Unis fin 2020 [26], elles sont majoritairement utilisées quotidiennement ou plusieurs fois par semaine. Les principales raisons d'engagement sont la gestion de la santé physique, du poids et de la qualité de vie. En Chine, la plupart des patients ont une forte intention d'utiliser des visites virtuelles [68], via les hôpitaux publics, la plateforme du gouvernement et les entreprises de santé numérique.

Les patients semblent **satisfaits** par ces services. Carrillo et al. (2021) [53] montrent une satisfaction élevée des patients face aux téléconsultations. La télémédecine améliore aussi la satisfaction des patients de par la réduction du temps ou le coût du transport, la diminution des arrêts de travail, l'option à la demande et la réduction du temps passé dans la salle d'attente [45]. Mousa et al. (2019) [56] ont montré que la télémédecine augmente la satisfaction des patients en post-chirurgie vasculaire à l'égard de la qualité des soins, la réhabilitation mentale et physique et la qualité de vie. Les patients ont été plutôt satisfaits des services de télémédecine lors de l'épidémie de COVID-19 [69].

L'adoption des services à distance dépend cependant des **caractéristiques des utilisateurs**. L'étude [68] a montré que l'intention d'utiliser les visites virtuelles en Chine dépend du genre, de l'éducation, du revenu et du type de consommateur. Aux Etats-Unis, la satisfaction des patients face aux visites virtuelles dépend de l'âge, du genre et du type de visite [69].

1.1.6 Obstacles au déploiement

Même si les chiffres précédents montrent un enthousiasme et une satisfaction des patients pour les services de santé à distance, il reste de nombreux **obstacles à franchir** pour favoriser son développement. Ces challenges peuvent concerner plusieurs domaines. Baniyadi et al. (2018) [70] ont répertorié les défis auxquels la **m-santé** devait faire face. Ces défis sont liés à (1) l'utilisateur, concernant l'adoption des services, les compétences informatiques et la relation avec les professionnels de santé, (2) l'infrastructure et à leur intégration dans les systèmes de santé, comme l'accès aux connexions, l'accessibilité des outils, la régulation politique et les remboursements, (3) les processus, comme l'éthique, la sécurité, la confidentialité et la protection des données personnelles, (4) les ressources logicielles et matérielles, et (5) la formation des

utilisateurs. L'étude [5] a aussi identifié dix aspects en **télesanté** qui nécessitent une amélioration : l'implication et la supervision par les structures et professionnels de santé, le système de remboursement des technologies, la mise en place des autorisations, la définition des responsabilités, la recherche en facteurs humains dans la conception des technologies, l'interopérabilité des dispositifs, la sécurité et la confidentialité des données, la performance des outils, l'engagement et la communication patients-médecins, et les méthodes de recherche.

Pour résumer, nous classons les différents freins au développement de la santé à distance en trois catégories : (1) l'**utilisateur**, notamment concernant l'adoption des technologies et services, (2) les **réglementations politiques**, notamment concernant le remboursement des technologies et services, les autorisations et la protection des données personnelles des patients, et (3) le **développement des technologies**, notamment concernant la performance des technologies et services, l'interopérabilité des dispositifs et la conception centrée-utilisateur.

Favoriser la **satisfaction des patients** est ainsi un challenge majeur au déploiement de la santé à distance. D'après l'enquête de Harris Interactive [55], les Français sont défavorables aux téléconsultations principalement en raison de l'impossibilité de se faire ausculter par le médecin, par le manque de contact direct et de la crainte d'être moins bien pris en charge. Selon l'étude de Pfizer et le Cercle P [65], les associations de patients pensent que l'e-santé peut créer des inégalités, entre autres pour les patients qui ne maîtrisent pas Internet. Elles ont aussi peur que les relations entre les médecins et les patients se dégradent et trouvent que les données ne sont pas suffisamment sécurisées. Ce sondage [26] a identifié les principales raisons pour lesquelles les utilisateurs abandonnent les applications de m-santé : le manque d'intérêt ou la baisse de motivation, l'utilisation une autre application et le manque de fonctionnalités souhaitées. Le fait que l'application ne soit pas amusante et pas facile à utiliser sont aussi des raisons d'abandon.

Pour conclure, l'émergence rapide et mondiale de la santé à distance s'effectue tant sur l'intégration des services et outils dans les systèmes de santé, sur le développement et la multiplication des outils et sur leur utilisation par les patients, soulevant de nouveaux challenges. Même si les patients semblent enthousiastes au développement de la santé à distance, améliorer leur satisfaction est essentiel pour favoriser l'adoption de ces nouvelles technologies et contribuer à un meilleur suivi et une meilleure qualité de vie.

1.2 Objectifs et approche de recherche

1.2.1 Questions de recherche

De par sa croissance rapide et mondiale, la santé à distance s'intègre de plus en plus dans la vie quotidienne des patients, notamment via une **interface numérique de santé** d'une application smartphone, d'un site Internet ou d'un dispositif de mesure. Du point de vue du patient, l'interface de santé est centrale dans le suivi de sa santé à distance. Celle-ci se place donc au cœur de notre travail de recherche.

Le contexte de ce travail de recherche est représenté en Figure 1-3. L'interface de santé reçoit des données de santé par le patient lui-même lors d'une entrée manuelle, ou par des dispositifs de mesures, des professionnels et structures de santé, ou des bases de données et algorithmes. Ces données de santé sont ensuite transmises au patient lors d'une consultation. Nous supposons que le patient est l'utilisateur de l'interface. Nous supposons également que l'interface est consultée par le patient, à domicile, à distance des professionnels et structures de santé.

Nous décomposons l'interface de santé en deux composantes :

- Le contenu : information affichée sur l'interface. Nous fixons le contenu, qui correspond aux données de santé du patient.
- La représentation : façon de représenter le contenu sur l'interface, correspondant ici à la représentation des données de santé, que nous allons optimiser.

En particulier, l'interface permet au patient de **consulter** ses données de santé à **domicile**, en **tout lieu** et à **tout moment**. Elle peut être utilisée **sans accompagnement médical** pour soutenir et aider le patient dans l'interprétation des données de santé. La santé à distance est ainsi différente de la médecine traditionnelle et fait donc évoluer la relation que les patients peuvent avoir avec leur santé : ils deviennent davantage acteurs dans la gestion de leur santé et interagissent de plus en plus avec leurs données de santé.

En raison de ces spécificités, notre première hypothèse est que l'interface de santé peut impacter l'expérience-patient et générer de fortes **charges émotionnelles** chez les patients. Les émotions générées peuvent être de différentes intensités et de différentes natures, soit négatives, comme de la peur, de la frustration, de la tristesse, de l'ennui, ou positives, comme de l'enthousiasme, du soulagement, de la confiance, ou de la sérénité.

Les émotions générées peuvent fortement affecter la santé et la vie des patients par des manifestations psychologiques, comportementales et physiologiques. Les impacts **psychologiques** peuvent biaiser la façon dont les patients vont interpréter leurs données de santé, entacher le moral des patients, mais aussi impacter leur niveau de satisfaction et l'adoption de ces nouvelles technologies. Les émotions peuvent aussi influencer les **comportements** dans le **mode de vie** des patients : les émotions générées peuvent favoriser des comportements sains, comme manger de façon équilibrée et pratiquer une activité physique, ou à risques, comme le tabagisme ou la consommation d'alcool. Les comportements en rapport avec la **gestion de la santé** (que nous nommons comportements de santé) peuvent aussi être impactés, comme l'engagement et la motivation dans le suivi sa santé, l'adhésion aux traitements, la communication avec les professionnels de santé, la prise de rendez-vous médicaux ou la perception des symptômes. Les émotions peuvent induire des changements **physiologiques** chez les patients, relatifs aux activités cardiaques ou électrodermales par exemple. Comme représenté sur la Figure 1-3, ces changements physiologiques peuvent modifier les données de santé consultées sur l'interface. Par exemple, du stress, de la peur ou de l'excitation modifient l'activité cardiaque faisant varier les données mesurées par un électrocardiogramme et consultées par le patient. Ces variations peuvent amplifier la charge émotionnelle engendrée et fausser le patient sur son état de santé, qui ne pourrait plus être en mesure d'interpréter ces changements. Sur le long terme et par un usage régulier, l'état de santé mentale et physique des utilisateurs pourrait être affecté.

La méthode de conception de l'interface-patient doit alors différer des méthodes habituellement utilisées : le domaine particulier de la santé et le contexte d'utilisation, à domicile, sans accompagnement médical, la différencie des autres types d'interface-utilisateur. La conception de l'interface de santé demande une attention davantage axée sur l'expérience-patient.

Notre deuxième hypothèse est que la **conception centrée-patient** des interfaces de santé agit sur les expériences et comportements des patients. Une conception mal établie peut conduire à une mauvaise expérience, à l'abandon des systèmes et à des comportements à risques pour la santé. En revanche, une bonne conception conduit à de meilleures expériences et peut encourager les patients à utiliser les systèmes et à adopter des comportements sains. La qualité de vie et l'état de santé des patients pourront alors être améliorés. Par ricochet, la qualité des services de santé à distance pourra également être améliorée, boostant le développement de la santé à distance.

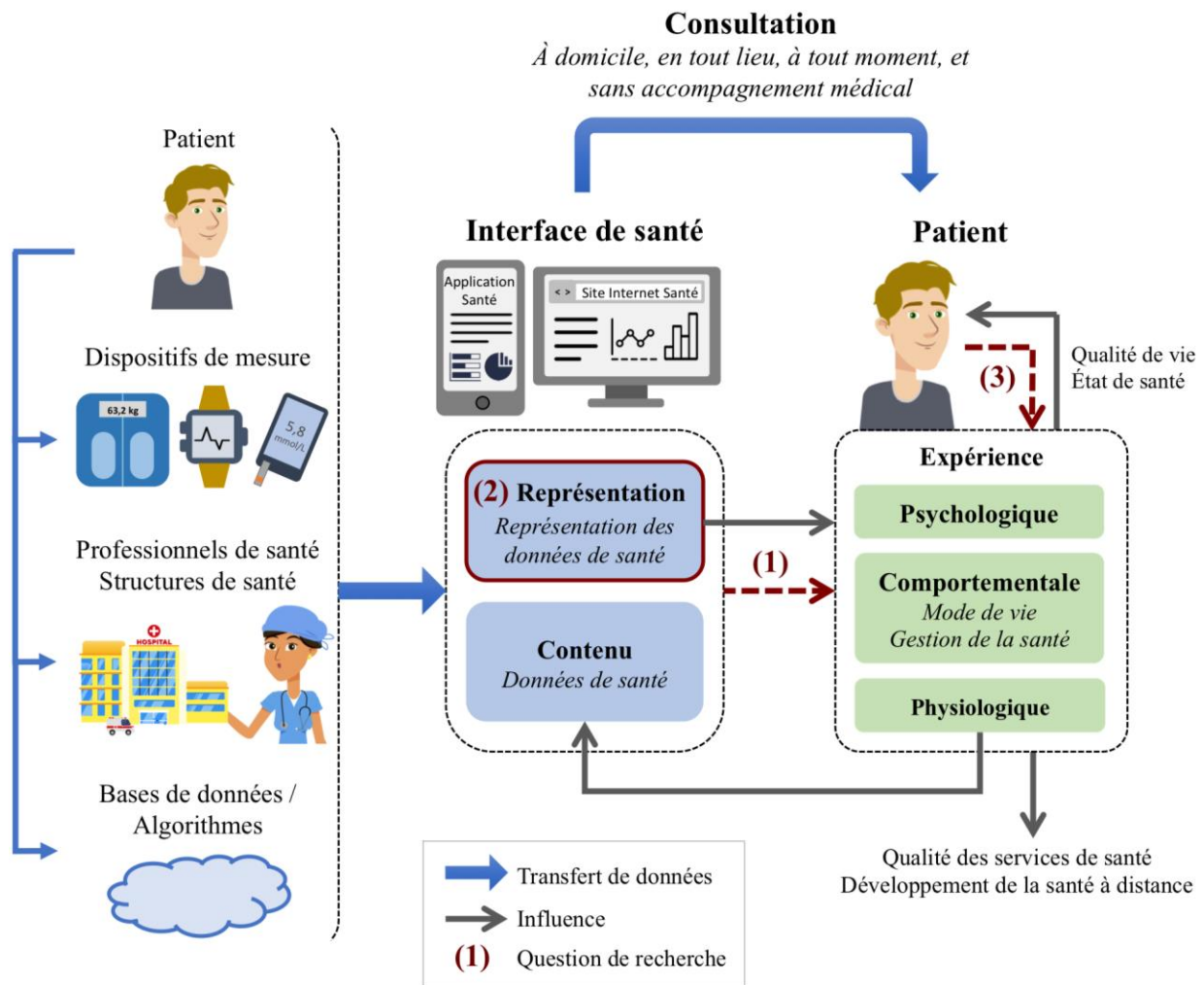


Figure 1-3 : Modélisation du contexte recherche et représentation des questions de recherche

L'objectif de cette recherche est de **proposer une méthode d'optimisation d'une interface de santé, utilisée par le patient pour la consultation de données de santé à distance, pour améliorer l'expérience-patient.**

Nous avons posé trois questions de recherche (1), (2) et (3) représentées sur la Figure 1-3.

Dans un premier temps, nous pensons qu'il est essentiel de mieux comprendre les émotions que peuvent ressentir les patients lors de la consultation de données de santé, nous amenant à la première question de recherche :

(1) Quelles sont émotions générées par la consultation des données de santé sur une interface dans un contexte de domicile ?

Cette problématique vise à estimer l'importance de considérer l'expérience-utilisateur dans la conception des interfaces de santé, nous amenant à la seconde question de recherche :

(2) Comment optimiser une interface de santé, notamment la représentation des données de santé, pour améliorer l'expérience-patient ?

Afin d'étudier l'importance de la personnalisation des interfaces de santé, le rôle de caractéristiques individuelles, notamment celui de la culture, a été questionné :

(3) Quelle est l'influence des caractéristiques individuelles sur l'expérience-patient ?

Cette recherche en thèse a été menée à l'École Centrale de Nantes, au Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N), et en collaboration avec le département de Génie Industriel de l'Université Tsinghua, Chine. Elle a été financée avec un contrat doctoral de l'École Centrale de Nantes sur une durée de 3 ans.

1.2.2 Plan de thèse

Ce rapport comprend 5 grandes parties. Ce plan est représentatif de la procédure qui a été menée lors de cette recherche en thèse pour répondre aux questions de recherche.

- Le Chapitre 2 fournit un état de l'art de la littérature scientifique sur le domaine des émotions et celui de la conception centrée-utilisateur. Cette partie permet de positionner notre recherche et sa contribution dans le paysage scientifique.
- Le Chapitre 3 présente l'expérimentation qui a été menée afin de répondre à la question de recherche (1). Cette expérimentation évalue les réponses émotionnelles face à la consultation de données de santé sur une interface dans un contexte de domicile.
- Le Chapitre 4 décrit une méthode de conception centrée sur l'expérience-patient d'une interface de santé afin de répondre à la question de recherche (2). Comme un cas d'étude, cette partie se concentre sur la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète sur une application. L'influence de la culture est étudiée en comparant les réponses de populations européennes et chinoises. Cette partie comprend : [1] Une comparaison culturelle des applications existantes européennes et chinoises pour le suivi du diabète. [2] Les résultats majeurs d'un sondage en ligne, pour comprendre les expériences, habitudes et préférences des potentiels utilisateurs d'applications pour le suivi du diabète. [3] Une expérimentation basée sur un algorithme génétique interactif pour optimiser la représentation des données de santé afin d'améliorer la satisfaction utilisateur.
- Le Chapitre 5 synthétise les travaux menés, met en évidence les contributions et propose des perspectives sur l'utilisation des résultats.

CHAPITRE 2 :

ÉTAT DE L'ART

2.1 Introduction

Deux domaines émergent des questions de recherche : celui des émotions et celui de la conception centrée-utilisateur (centrée-patient dans notre cas). Nous proposerons, dans un premier temps, un état de l'art sur les **émotions** afin de les comprendre par les différentes théories et méthodes de mesures existantes. Nous étudierons les émotions ressenties par les patients et leur rôle dans la santé. Nous présenterons ensuite l'état de l'art sur la **conception centrée-utilisateur**. Nous étudierons la conception d'interface basée sur l'expérience émotionnelle et la conception des systèmes de santé. Nous présenterons en conclusion le positionnement de notre recherche et de sa contribution dans le paysage scientifique.

2.2 Émotions

2.2.1 Théories des émotions

L'**émotion** représente une notion difficile à définir [71]. La définition d'une émotion semble reposer sur le principe d'une réaction individuelle intervenant lors d'une interaction entre l'individu et des éléments de son environnement. Scherer (2001) décrit une émotion comme « *un ensemble de variations épisodiques dans plusieurs composantes de l'organisme en réponse à des événements évalués comme importants pour l'organisme* » [72]. La conceptualisation d'une émotion constitue une vraie problématique de recherche et a fait naître de nombreux débats dans la littérature notamment dans les années 1980-1990. Plusieurs théories, parfois complémentaires ou divergentes, et touchant à la caractérisation des émotions et à leur génération, ont émergé dans la littérature. Même si certaines sont utilisées aujourd'hui comme une référence, il n'existe toujours pas de consensus universel. Aujourd'hui, l'émotion est un concept majeur pour toute recherche concernant l'humain et possède un rôle explicatif du comportement humain. L'émotion est souvent associée à d'autres concepts affectifs, comme l'humeur, l'affect noyau ou le stress,

montrant les nuances de ce domaine. Plusieurs domaines d'application, comme la philosophie, la psychologie, la sociologie, le marketing, ou la biologie, s'appuient sur l'étude des émotions. Avant d'étudier les phénomènes affectifs, il est important d'en déterminer les objectifs spécifiques et de définir les concepts et théories utilisés.

Deux approches coexistent dans la littérature pour caractériser les émotions : l'approche des émotions de base, qui considère les émotions comme des états distincts, et l'approche dimensionnelle, qui considère que les émotions sont un continuum.

La caractérisation basale des émotions a d'abord été abordée par Darwin en 1872 dans son ouvrage : *The expression of the Emotions in Man and Animals* [73]. Darwin propose une approche évolutionniste de l'expression des émotions chez l'Homme et l'animal : l'expression des émotions joue un rôle dans la sélection naturelle et permet aux individus de s'adapter à leur environnement pour leur survie. Il attribue principalement aux émotions une fonction communicative basée sur des expressions faciales. Il suggère aussi qu'elles sont innées et universelles. Ces travaux de Darwin ont influencé les futurs chercheurs sur les émotions et serviront de support à la théorie des **émotions de base**. Cette théorie suggère qu'il existe un nombre limité d'émotions de base, aussi dites universelles ou fondamentales. Principalement, trois chercheurs ont proposé des théories incluant des émotions de base : Ekman (1982) [74] (Figure 2-1, a), Izard (1977) [75] et Tomkins (1984) [76]. Des divergences existent entre eux, notamment sur la liste des émotions de base. Seules 5 émotions sont communes aux 4 théories : la peur, la joie, la tristesse, le dégoût et la colère. Les émotions plus complexes sont un mélange des émotions de bases. Les émotions répondent à des tâches fondamentales et ont donc des conditions spécifiques d'émergence. Elles sont rapidement déclenchées, de courte durée, automatique et spontanées. Chaque émotion de base a des caractéristiques spécifiques, notamment en terme de réactions physiologiques de par l'activation du système nerveux autonome et d'expressions faciales [77, 78]. En particulier, Ekman et Friesen (1971) ont étudié l'universalité de l'expression des émotions. Ils ont montré qu'une tribu de Papouasie-Nouvelle-Guinée, isolée de la culture occidentale, reconnaissait les six émotions représentées par des expressions faciales de personnes occidentales sur des images [79].

À la frontière entre les approches basales et dimensionnelles de la caractérisation des émotions, Plunkik (1980) [80] propose un modèle comprenant 8 émotions de bases, dans lequel intervient une dimension d'intensité. Ce modèle représente les émotions sur une roue colorée, **la Roue des émotions de Plutchik (1980)** (Figure 2-1, b), reliant les émotions les unes aux autres. Cette représentation affiche les émotions de bases avec différents niveaux d'intensité et les mots

pour les décrire. Il suggère que les émotions ont des degrés de similarité : plus les émotions sont proches sur la roue, plus elles sont similaires. Il oppose aussi les émotions deux à deux : les émotions se faisant face. La roue des émotions affiche également des mélanges d'émotions de bases. Il est également possible de mêler plus d'émotions de différents niveaux d'intensité afin de créer des centaines de termes, formant le langage des émotions [81].

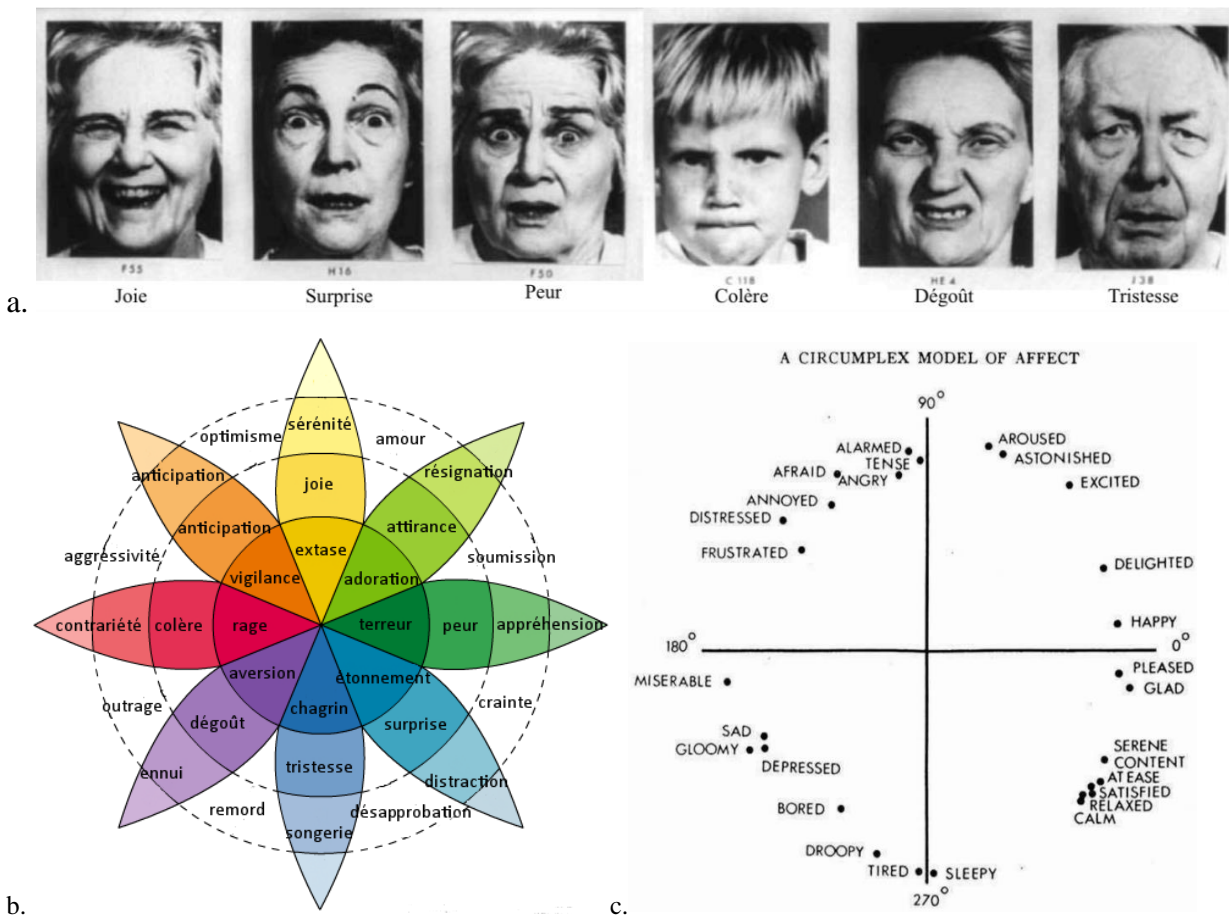


Figure 2-1 : Les approches basales et dimensionnelles sur la construction des émotions

- a) Les émotions de base de la théorie d'Ekman (photos utilisées par Ekman, 1999 [78])
- b) La roue des émotions de Plutchik (1980) (extrait de [80], traduit en français)
- c) Représentation du modèle Circumplex de Russell (1980) (extrait de [82])

Les **théories multidimensionnelles** considèrent les émotions comme des points dans un espace continu. Ces théories répondent aux critiques qui ont émergé dans la littérature sur l'existence de catégories discrètes pour décrire les émotions [83, 84]. Le modèle le plus connu est le **modèle Circumplex, de Russell (1980)**. Il considère l'espace des émotions par deux dimensions et le représente par un cercle dont les deux axes désignent les dimensions de valence, en abscisse, et d'activation, en ordonnée (Figure 2-1, c) [82]. Le concept de valence réfère au niveau de plaisir/déplaisir et l'activation réfère au niveau de relaxation/excitation ou en d'autres termes de sommeil/éveil. Ces deux dimensions sont suffisantes pour décrire toutes les émotions.

Plus deux émotions sont proches sur le cercle, plus elles ont des caractéristiques similaires. Ce modèle suggère que les émotions ne sont pas des paramètres distincts les uns des autres, mais sont des paramètres continus pouvant évoluer selon deux dimensions. D'autres modèles ajoutent plus de dimensions pour décrire l'ensemble des émotions. Par exemple, Mehrabian and Russell (1974) ajoute la dimension de dominance pour former le modèle PAD (*Pleasure-Arousal-Dominance*) [85]. Le modèle de Scherer [86] ajoute deux dimensions, le contrôle et l'imprévisibilité, pour qu'il soit utilisable dans plusieurs langues. Cependant, il semble y avoir un consensus dans la recherche sur l'utilisation du modèle Circumplex de Russell [87]. Ce modèle sert aussi de moyen pour mesurer l'expérience émotionnelle subjective des individus et il s'agit d'un des outils les plus utilisés [88].

La génération des émotions peut être décrite par la **théorie de l'évaluation** (*the appraisal theory*), pour laquelle un consensus semble exister dans la littérature. Cette théorie a dans un premier temps été proposée par Arnold (1960) [89] et Lazarus (1966) [90]. Elle considère que les émotions sont des réactions directes à un stimulus en conséquence d'une évaluation cognitive du stimulus [91–93]. Les individus évaluent constamment leur environnement et différents stimuli, internes ou externes, tels que des objets, des tâches, des personnes ou des pensées, peuvent immédiatement générer des réactions émotionnelles. L'évaluation est un processus cognitif, concentré sur le stimulus, rapide, automatique, intense, le plus souvent inconscient et qui s'effectue sur la base de critères [93]. L'évaluation de ces critères est subjective et propre aux préoccupations individuelles. Des mêmes événements peuvent conduire à différentes réactions chez différents individus. Lazarus [94] fait la distinction entre l'évaluation primaire, qui évalue l'importance du stimulus pour le bien-être de l'individu, et l'évaluation secondaire, qui évalue la capacité de l'individu à faire face aux conséquences du stimulus. Scherer (1984) [93, 95] propose une liste de critères permettant aux individus d'évaluer un stimulus, appelée *Stimulus Evaluation Checks*. Cette liste comprend les critères suivants : le caractère nouveau du stimulus, le caractère agréable ou désagréable du stimulus, l'importance du stimulus par rapport à un objectif, la capacité de l'individu à réagir au stimulus et les conséquences du stimulus par rapport aux convictions de l'individu et aux normes sociales. Dans le modèle des processus-composants, il définit aussi l'émotion comme une séquence de changements d'état intervenant dans cinq systèmes organiques en réponse à l'évaluation du stimulus : (1) l'évaluation cognitive du stimulus, (2) les changements neuro-physiologiques, (3) les expressions motrices, que ce soit faciales, vocales ou gestuelles, (4) les tendances à l'action (motivation, intentions), et (5) l'expérience (perception subjective de l'émotion). Les changements physiologiques, les

expressions motrices, les tendances à l'action et l'expérience subjective des émotions peuvent être interprétés comme des manifestations de l'évaluation cognitive du stimulus (Figure 2-2) [87]. Dans la littérature, les expressions motrices et les tendances à l'action sont souvent regroupées sous un même composant lié au changement de comportement de l'individu.

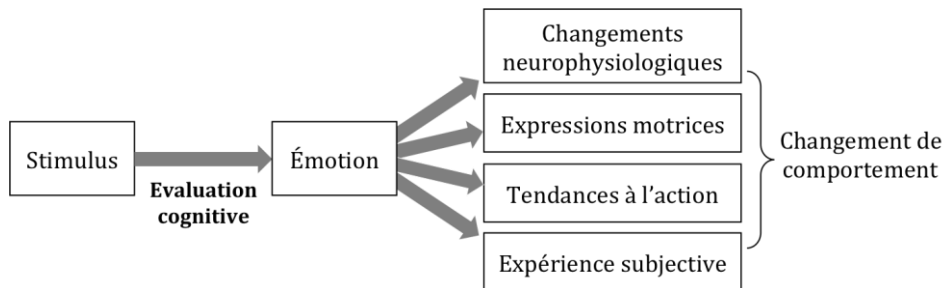


Figure 2-2 : Processus d'évaluation d'un stimulus et ses manifestations – Inspirée de [87]

L'émotion est souvent associée, ou parfois même substituée, au concept de l'humeur et de l'affect noyau (*core affect*) [87, 88].

L'**humeur** peut être définie comme des : « états d'affect diffus, caractérisés par une prédominance relative et durable de certains types de sentiments subjectifs qui affectent l'expérience et le comportement d'une personne » ([93], p. 705). Contrairement à l'émotion qui est une réaction générée immédiatement suite à un stimulus spécifique, l'humeur n'a pas de cause particulière ou celle-ci est difficilement identifiable. La cause de l'humeur est plutôt liée à une situation générale et peut être éloignée dans le temps. L'humeur diffère aussi de l'émotion de par sa durée : la durée d'une émotion est courte, de l'ordre de la minute, tandis que la durée d'une humeur est plus longue, de l'ordre d'heures ou même de jours. L'intensité d'une émotion est aussi plus élevée que l'intensité d'une humeur. Cependant, l'émotion et l'humeur sont fortement liées : les émotions peuvent agir sur l'humeur et sont influencées par l'humeur [96]. L'humeur peut également être évaluée par une approche dimensionnelle, notamment par les dimensions de valence et d'activation [88].

L'**affect noyau** est défini dans la littérature comme « un état neurophysiologique accessible consciemment comme un sentiment simple, non-réflexif, et qui est un mélange de valeurs hédonistes (plaisir - déplaisir) et d'activation (endormi - activé) » ([87], p. 147). En d'autres termes, l'affect noyau est un phénomène mental, non-réfléchi, présent dans tout état conscient et dont la nature et l'intensité peuvent varier. Il est la base cognitive de tous les phénomènes affectifs. Il permet la prise de conscience et l'expérience subjective, entre autres des émotions et de l'humeur. C'est donc un composant de l'émotion et de l'humeur, mais peut aussi en être éloigné [88].

Les émotions sont aussi souvent associées au **stress**. Plusieurs types de stress existent : notamment le stress psychologique et le stress clinique. Le stress clinique réfère au stress associé à la santé mentale, qui peut être une conséquence d'un événement traumatisant. Dans cette recherche, nous nous concentrons sur le **stress psychologique**, qui est, comme l'émotion, le résultat d'une évaluation cognitive d'un stimulus. Le concept de stress psychologique est principalement étudié par Lazarus et Folkman (1984) [97]. Ils le définissent comme : « *une relation particulière entre la personne et l'environnement, relation qui est évaluée par l'individu comme dépassant ses ressources et menaçant son bien-être* » ([97], p. 19). Le stress peut être vu comme un état fortement déplaisant (niveau de valence très faible) et fortement intense (niveau d'activation élevé). Lazarus (1991) intègre le stress dans sa théorie sur l'évaluation primaire et secondaire des stimuli [94]. Le stress est déclenché lorsque pendant l'évaluation primaire, l'individu perçoit le stimulus comme négativement important pour son bien-être (c'est-à-dire comme une menace), et lorsque pendant l'évaluation secondaire, l'individu évalue le fait qu'il ne puisse pas faire face à la situation. Ces évaluations peuvent conduire à trois types de stress : le préjudice/la perte (*harm/loss*), la menace (*threat*) et le défi (*challenge*). Le stress peut se déclencher lors d'une situation particulière du processus d'évaluation qui s'accompagne toujours de réactions émotionnelles. Ainsi, le stress implique toujours une émotion, mais une émotion n'implique pas toujours du stress [98]. Les différents types de stress peuvent aussi induire des manifestations subjectives, physiologiques et comportementales.

2.2.2 Mesures des émotions

À partir des années 1990, l'étude des émotions a pris un nouveau tournant visant à **mesurer** et à étudier empiriquement les émotions. L'émotion et le stress comportent plusieurs composantes : cognitive, comportementale et neurophysiologique [93, 99]. Ces composantes peuvent être évaluées par différentes méthodes afin d'y associer des valeurs qualitatives et de pouvoir les analyser [100, 101]. Ces méthodes permettent de quantifier différents composants d'un état émotionnel et ne sont pas nécessairement corrélées. Une combinaison de ces trois méthodes peut fournir une approche efficace pour évaluer l'état affectif global d'un individu.

Les **mesures subjectives** consistent à évaluer la composante cognitive, aussi dite psychologique ou perceptive de l'émotion. Elles sont basées sur la conscience de l'individu de son propre état émotionnel. L'individu évalue et rapporte sa perception de son état au cours d'une période donnée. Il existe plusieurs instruments de mesure tels que des questionnaires à choix multiples, des questionnaires à réponses ouvertes ou des entretiens verbaux. La méthode la plus utilisée

dans la littérature est le questionnaire à choix multiple, évalué par l'échelle de notation de **Likert**. La validité et la fiabilité de nombreux questionnaires ont été testées et ils sont grandement utilisés dans la littérature [88, 102, 103].

En raison des nuances sur les différents concepts liés aux états affectifs, les questionnaires sur les états affectifs peuvent en évaluer différents aspects (émotion, humeur, affect noyau). Ekkekakis (2013) [88] a développé une procédure en trois étapes pour **choisir un questionnaire** approprié dans une étude. La première étape consiste à clarifier le concept à mesurer parmi les trois principaux états affectifs de l'affect noyau, de l'humeur ou de l'émotion. Boyle et al., (2015) [102] souligne qu'il est important d'identifier la durée de l'état affectif considéré : s'agit-il d'un état émotionnel momentané, d'un état d'humeur passagère, d'un état d'humeur plus durable, d'un trait dynamique ou d'un trait de personnalité durable ? La seconde étape vise à choisir une théorie pour caractériser le concept choisi. En utilisant une mesure basée sur une théorie, le chercheur accepte implicitement cette théorie. Pour les émotions, il existe principalement deux théories : celles basées sur une approche discrète et celles basées sur une approche dimensionnelle [103]. Si l'objectif est d'étudier une émotion spécifique ou un groupe d'émotions, il sera plus approprié de se baser sur une approche discrète. Au contraire, si l'objectif est d'étudier le domaine global des émotions, on utilisera une approche dimensionnelle. La littérature tend à soutenir les approches dimensionnelles, en particulier lorsque plusieurs méthodes sont utilisées en parallèle. L'approche discrète suggère que chaque émotion a des réponses subjectives, comportementales et physiologiques corrélées, ce qui peut être difficile à démontrer [100]. Ces deux premières étapes vont permettre d'établir une liste restreinte de questionnaires. La dernière étape consiste à examiner les informations psychométriques des questionnaires, tel que le coefficient alpha de Cronbach, afin d'en évaluer la validité et la fiabilité.

Nous avons effectué une liste en Tableau 2-1 proposant des exemples de **questionnaires**, basés sur des approches discrètes ou dimensionnelles, et mesurant différents concepts affectifs : l'affect noyau, des états émotionnels ou des traits de personnalité. Pour la plupart des questionnaires, surtout ceux mesurant l'affect noyau, il est possible de faire varier les instructions temporelles fournies aux participants afin de mesurer un état affectif spécifique [102] : une émotion est momentanée, une humeur dure des heures ou des jours, et un trait de personnalité est relativement stable au cours des derniers mois. Dans la littérature, il existe aussi des questionnaires sur la mesure du stress. Ceux-ci peuvent mesurer différents aspects du stress : le stress face à une situation donnée, comme le *Stress Appraisal Measure*, ou le stress face à des événements de vie en général, comme le *Perceived Stress Scale* ou le *Daily Stress Inventory*. Ces deux types mesurent respectivement des états momentanés ou des traits de personnalité.

Nom	Référence	Concept	États distincts / Dimensions	Nombre d'items	Forme des items	Forme des réponses
Questionnaires basés sur une approche discète						
Differential Emotions Scale (DES-IV)	Izard et al. (1993) [104]	État émotionnel / Traits de personnalité affective	Joie, surprise, tristesse, colère, dégoût, mépris, hostilité, peur, honte, timidité et la culpabilité	36	Sentences	Echelle de fréquence - 5 points
Multiple Affect Adjective Check List-Revised (MAACL-R)	Lubin & Zuckerman (1999) [105]	État émotionnel / Traits de personnalité affective	Dysphorie (hostilité, anxiété, dépression) et PASS (emotions positives et recherche de sensation).	132	Adjectives	Items à sélectionner
Profile of Mood States (POMS 2)	Heuchert & McNair (2012) [106]	Humeur	Anxiété, dépression, colère, confusion, fatigue, vigueur et relations interpersonnelles.	65	Adjectifs	Échelle d'intensité - 5 points
Product Emotion Measurement instrument (PrEmo)	Desmet (2004) [107]	Émotions ressenties face à un produit	Fierté, admiration, joie, espoir, satisfaction, désir, fascination, honte, mépris, tristesse, peur, colère, dégoût, ennui	14	Images de personnages	Items à sélectionner
State-Trait Anxiety Inventory (STAI)	Spielberger et al. (1983) [108]	État d'anxiété momentané / Trait d'anxiété	Anxiété	40 / 6	Phrases	Échelle d'intensité - 4 points
Questionnaires basés sur une approche dimensionnelle						
Affect Grid (AG)	Russell, Weiss, & Mendelsohn, (1989) [109]	Affect noyau	Plaisir et activation	1	Grille 9x9	Case à cocher
Self-Assessment Manikin (SAM)	Bradley & Lang (1994) [110]	Affect noyau	Plaisir, activation, dominance	3	Images de personnage	Échelle d'intensité - 9 points
Semantic Differential Measures of Emotional State (SDMES)	Mehrabian & Russell (1974) [85]	Affect noyau, État émotionnel	Plaisir, activation, dominance	6	Adjectifs	Échelle d'intensité - 6 points
Positive and Negative Affect Schedules-Expanded (PANAS-X)	Watson & Clark (1999) [111]	Affect noyau	Affect positif, affect négatif	60	Adjectifs	Echelle d'intensité - 5 points
Evaluative Space Grid (ESG)	Larsen et al. (2009) [112]	Affect noyau	Affect positif, affect négatif	1	Grille 5x5	Case à cocher
Circular Mood Scale (CMS)	Jacob et al. (1989) [113]	Humeur	Plaisir et activation	1	Cercle	Pointage dans un cercle
Activation-Deactivation Adjective Check List (AD-ACL)	Thayer (1986) [114]	État d'activation	Activation	20	Adjectifs	Échelle d'accord à 4 points
Geneva Emotion Wheel (GEW)	Scherer (2005) [93]	État émotionnel	Plasir, contrôl	1	Cercle : 20 adjectifs et 5 niveaux d'intensité	Case(s) à cocher
Mesure du stress						
Stress Appraisal Measure (SAM)	Peacock & Wong (1990) [115]	État de stress face à une situation	Menace, défi, centralité, contrôlabilité, incontrôlabilité	28	Question	Echelle d'intensité - 5 points
Perceived Stress Scale (PSS)	Cohen et al. (1983) [116]	Stress de la vie générale	Stress face à des situations de vie	10	Questions	Echelle de fréquence - 5 points
Daily Stress Inventory (DSI)	Brantley et al. (1988) [117]	Situations sources de stress	Stress face à des situations de vie	60	Phrases de situation	Echelle d'intensité de stress - 7 points

Tableau 2-1 : Exemples de questionnaires pour la mesure d'états affectifs et de stress subjectifs

Les mesures subjectives ont l'avantage d'être faciles à mettre en œuvre dans une expérimentation et ne demandent pas de matériel onéreux. Leur fiabilité et validité ont été testées de nombreuses fois dans la littérature et les résultats sont faciles à interpréter. En revanche, sur un plan expérimental, elles nécessitent que les participants stoppent toute activité pour y répondre. Il existe aussi de nombreux biais compromettant l'analyse des réponses : les participants peuvent fausser leurs réponses, par manque de mémoire, par une mauvaise interprétation de la question ou par manque de franchise. Elles sont aussi sensibles aux différences individuelles sur la conscience des émotions et dans la manière de les rapporter. Notamment, la culture et la langue parlée peuvent influencer l'interprétation des questions.

Les **mesures comportementales** consistent à étudier des changements de comportements et d'expressions chez les individus associés à des manifestations de réactions émotionnelles. Il existe différents types de mesures : mesures des expressions motrices, telles que des expressions faciales et des caractéristiques vocales, et mesures des actions [96, 100, 118].

Les mesures des émotions par les **expressions motrices** peuvent être basées sur l'observation des **expressions faciales**, qui sont la base de la théorie basale des émotions [119]. Les émotions de bases sont associées à des combinaisons de mouvements faciaux observables chez les individus [118]. Le système de codage de l'action faciale FACS développé par Ekman et Friesen en 1978 [120], et mis à jour en 2002 [121], est une méthode pour décrire les mouvements du visage d'un individu. Le FACS décompose les mouvements faciaux en unité d'action telles que « lever la joue », « abaisser la lèvre inférieure », « lever la paupière inférieure », « plisser le nez », ou « abaisser le front ». Des combinaisons d'unité d'action peuvent désigner une émotion de base. Par exemple, « lever la joue » et « abaisser le coin des lèvres » est associé à de la tristesse. Le FACS constitue la base de données de nombreux logiciels de reconnaissance faciale des émotions, tel que FaceReader [122], largement utilisé dans la recherche sur les émotions. Les comportements faciaux peuvent également être évalués par un EMG (électromyogramme), qui mesure le potentiel électrique des muscles faciaux par des électrodes sur le visage. Les deux muscles les plus étudiés pour la mesure des émotions sont le corrugator supercilii (lié aux sourcils) et le muscle zygomatique (lié aux commissures des lèvres) [123]. Ce type de mesure est plus limité dans la mesure des émotions discrètes, mais permet davantage d'évaluer le niveau de valence d'un état émotionnel.

Les émotions se traduisent aussi dans la façon dont les mots sont prononcés par la voix des individus. Des **caractéristiques vocales**, telles que le débit de parole, l'intonation moyenne, l'amplitude de la voix, l'intensité, la qualité de voix, les changements de parole ou l'articulation,

peuvent fournir des indications sur les émotions des individus [118]. L'intonation est principalement liée au niveau d'activation des émotions [124] : des niveaux élevés d'activation, comme la peur, la joie, ou la colère, sont liés à une tonalité de voix aiguë, contrairement à des niveaux d'activation faibles, comme la tristesse, la sérénité ou le dégoût, qui sont plutôt liés à une tonalité de voix grave. L'utilisation de la voix pour mesurer des émotions discrètes ou le niveau de valence est plus mitigée [100].

Les mesures comportementales des émotions peuvent aussi être basées sur les **actions** des individus, interprétées comme une réaction émotionnelle permettant à l'individu de s'adapter à son environnement. Frijda (1989) [99] a répertorié des tendances à l'action pour des émotions de base. Par exemple, une tendance d'agression manifeste de la colère, une tendance d'approche manifeste du désir et une tendance de fuite manifeste de la peur. Ces tendances à l'action peuvent être plus ou moins contrôlées par les individus. La culpabilité est aussi une émotion qui peut altérer le comportement des individus, par des présentations d'excuses ou des aveux, dans l'objectif de maintenir de bonnes relations sociales [125]. Analyser les tendances à l'action permet plutôt d'identifier des émotions discrètes. Les émotions affectent aussi la cognition des individus, comme la mémoire, le jugement ou l'attention [126, 127], modifiant la façon dont les individus accomplissent une tâche. Plusieurs paramètres sur la réalisation d'une tâche peuvent être mesurés, comme la performance, le nombre d'erreurs, le pourcentage de tâche effectué, le temps à réaliser une tâche ou le nombre de retours en arrière. Par exemple, [128] a montré que le niveau de valence et d'activation affectait la performance, notamment le temps de réaction à une tâche cognitive-motrice. La performance de conduite dans un environnement virtuel dépend aussi des niveaux de plaisir et d'activation [129]. Les paramètres de réalisation d'une tâche semblent ainsi plutôt mesurer les niveaux de plaisir et d'activation des états émotionnels.

Les mesures comportementales ont l'avantage d'être objectives, continues et indépendantes du langage. Cependant, l'enregistrement des mesures peut imposer de fortes restrictions dans la mise en place d'une expérimentation. Par exemple, le visage des participants doit être face à une caméra pour de la reconnaissance faciale. Les participants doivent parler lors de l'activité pour analyser les caractéristiques vocales. Par ailleurs, il n'existe que peu d'étude sur la fiabilité de ces mesures, en particulier concernant les mesures d'action. Les relations entre les émotions et comportements sont parfois difficiles à prouver.

Les **mesures physiologiques** consistent à étudier les manifestations physiologiques liées à des réactions émotionnelles. Les émotions sont liées au système nerveux autonome (SNA) contrôlant les fonctions automatiques de l'organisme. Le SNA est composé du **système nerveux**

sympathiques (SNS) et du **système nerveux parasympathiques (SNP)**. Le SNS s'active dans des situations d'activation, c'est-à-dire d'alarme, de stress, d'émotions intenses ou lors d'activités physiques. Lorsqu'il s'active, il accélère le métabolisme et fait augmenter l'éveil physiologique. Par exemple, il fait augmenter la fréquence cardiaque et la pression artérielle. Le PNS est utilisé pour le repos et pour la conservation de l'énergie. Il ralentit les fonctions de l'organisme et fait baisser l'éveil physiologique. Par exemple, il fait baisser le rythme cardiaque et la pression artérielle et fait augmenter les sécrétions salivaires, gastriques et intestinales pour favoriser la digestion. Ces deux systèmes ont ainsi des fonctions antagonistes et parfois des effets physiologiques opposés. Même si leur relation est très complexe, dans l'ensemble, ces deux systèmes collaborent. Les mesures des activités physiologiques permettent d'évaluer les états du SNS et du SNP, et donc l'état d'activation émotionnel ou de stress de l'individu [130].

Plusieurs méthodes physiologiques peuvent être utilisées : les mesures des activités cardiovasculaires, électrodermales, respiratoires, oculaires, musculaires, hormonales, cérébrales [131, 132], ou encore les larmes, les sursauts ou les frissons [133]. Des **indicateurs** permettent d'analyser ces activités par des valeurs quantitatives. Par exemple, l'activité vasculaire peut être évaluée par la pression sanguine et l'activité oculaire par le diamètre de la pupille. Les indicateurs peuvent davantage refléter l'activité sympathique, l'activité parasympathique ou une balance des deux. Ils peuvent augmenter ou diminuer lors d'une hausse ou d'une baisse de l'éveil physiologique. Deux principales méthodes sont plus couramment utilisées : les mesures des activités cardiaques et électrodermales [100]. Nous avons effectué une liste d'indicateurs (Tableau 2-2) fréquemment utilisés dans la bibliographie (par exemple en [134–137]) pour mesurer les activités cardiaques et électrodermales.

L'**activité cardiaque** (ECG : *Electrocardiogram*) est mesurée avec un électrocardiogramme. Elle peut être analysée par des indicateurs liés à la fréquence cardiaque (HR : *Heart Rate*) et la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV : *Heart Rate Variability*) [134, 135]. Ces indicateurs varient en fonction des activités du système nerveux autonome (SNA). Comme indiqué dans le Tableau 2-2, certains indicateurs sont des indices de variabilité à court terme, reflétant davantage l'activité parasympathique (SNP), d'autres sont plutôt des indices de variabilité à long terme, reflétant plutôt l'activité sympathique (SNS) ou une balance des activités sympathique et parasympathique. Les tendances de variation des indicateurs en cas de baisse ou de hausse de l'éveil physiologiques sont notées dans le Tableau 2-2. Les variations des indicateurs et leurs relations avec les SNS et SNP sont néanmoins très complexes. Ces indicateurs sont généralement mesurés sur des fenêtres de temps supérieures à 5 minutes. En revanche, certaines études ont montré qu'ils pouvaient être mesurés sur des fenêtres ultra-courtes, inférieures à 1 minute, afin

d'évaluer un changement cardiaque aigu lié à un court stimulus [136, 138, 139]. Les variations des indicateurs cardiaques peuvent être associées à des types d'émotions [130]. Cependant, l'activité cardiaque permet principalement d'évaluer les niveaux de valence et d'activation d'un état émotionnel [100]. Par exemple, la fréquence cardiaque augmente avec le niveau d'activation d'un état émotionnel et est plus élevée pour une émotion négative comparée à une émotion positive [140, 141]. Les changements dans la variabilité de la fréquence cardiaque sont plus nuancés et dépendent du type de stimulus et du contexte. La plupart des indicateurs HRV sont représentatifs du SNP et ont quand même tendance à diminuer avec une augmentation du niveau d'activation. L'activité cardiaque est aussi beaucoup utilisée pour refléter le niveau de stress [134, 142].

L'activité électrodermale (EDA : *Electrodermal Activity*), appelé aussi la conductance galvanique cutanée, évalue l'activité des glandes sudoripares eccrines provoquant la transpiration, notamment sur les mains. L'EDA est composé de deux parties : l'activité tonique, ou le niveau de conductance cutanée (*SCL : Skin Conductance Level*) et l'activité phasique. Le signal tonique reflète les caractéristiques lentes du signal manifestant le niveau général d'activation. Le signal phasique reflète les changements rapides du signal. Il est composé de pics discrets, nommés les réponses électrodermales (*SCRs : Skin Conductance Responses*) [137, 143]. Seule l'activité phasique est un indicateur d'une réponse émotionnelle engendrée par un stimulus. Le Tableau 2-2 fournit des indicateurs pour l'analyser. L'activité électrodermale semble plutôt liée à la dimension d'activation d'un état émotionnel [141] : une émotion à fort niveau d'activation augmente la conductance cutanée.

Les mesures physiologiques ont l'avantage d'être objectives, continues et peuvent être enregistrées pendant la réalisation d'une tâche. Cependant, le matériel de mesure peut être onéreux et nécessite un temps d'installation. Par ailleurs, les données récoltées peuvent être difficiles à analyser et à interpréter. Des réactions émotionnelles parasites peuvent biaiser les mesures effectuées. Certains sujets peuvent ressentir des émotions fortes et du stress à l'installation des capteurs sur leur corps, biaisant les mesures. Aussi, l'activité du SNA n'est pas exclusivement liée aux émotions, mais englobe une grande variété d'autres fonctions comme la digestion, l'effort physique, l'attention, etc. Il peut parfois être difficile d'associer des changements physiologiques à des réactions émotionnelles ou à d'autres fonctions.

Indicteurs	Définitions	Reflétant l'activité du SNS et/ou SNP	Sens de variation si éveil
Indicateurs ECG			
Indicateurs HR			
MeanNN	Moyenne des intervalles NN	SNS-SNP	↓
MinNN	Minimum des intervalles NN	SNS-SNP	↓
MaxNN	Maximum des intervalles NN	SNS-SNP	↓
Indicateurs HRV			
Domaine temporel			
Max-MinNN	Différence entre le maximum et le minimum des intervalles NN	SNP	↓
SDSD	Écart type de tous les intervalles successifs NN	SNP	↓
SDNN	Écart type de tous les intervalles NN	SNP	↓
rMSSD	Moyenne quadratique de la différence entre les intervalles NN successifs	SNP	↓
pNNx	Pourcentage d'intervalles NN avec une différence successive > à X m	SNP	↓
IRNN	Différence entre le troisième et le premier quartile des intervalles NN	SNP	↓
MADNN	Médiane des différences absolues entre les intervalles NN successifs	SNP	↓
TINN	Interpolation triangulaire des intervalles NN	SNP	↓
HRVi	Intégrale de l'histogramme de l'intervalle NN divisé par son maximum	SNP	↓
Domaine fréquentiel			
LF	Densité spectrale en basse fréquence (0.04-0.15 Hz)	SNS	↑
HF	Densité spectrale en haute fréquence (0.15-0.40 Hz)	SNP	↓
LFnu	Densité relative de la basse fréquence (0.04-0.15 Hz) : LF/(LF+HF)	SNS-SNP	↑
HFnu	Densité relative de la haute fréquence (0.15-0.40 Hz) : HF/(LF+HF)	SNS-SNP	↑
LF/HF	Rapport entre LF et HF	SNS-SNP	↑
Domaine non-linéaire			
SD1	Écart-type selon l'axe x=y du diagramme de Poincaré	SNP	↑
SD2	Écart-type selon l'axe perpendiculaire à x=y du diagramme de Poincaré	SNS	↑
SD1/SD2	Rapport entre SD2 et SD1	SNS-SNP	↑
S	Surface du diagramme de Poincaré	SNS-SNP	↑
Indicateurs EDA			
Activité phasique			
MeanPHA	Moyenne de l'activité phasique	SNS	↑
IntegralPHA	Intégral de l'activité phasique	SNS	↑
MaxPHA	Maximum de l'activité phasique	SNS	↑
NbSCR	Nombre de SCR	SNS	↑
SumAmpSCR	Somme des amplitudes des SCR	SNS	↑

Tableau 2-2 : Liste d'indicateurs sur les activités cardiaques (ECG) et électrodermales (EDA) pour mesurer les réactions émotionnelles ou de stress physiologiques

SNS : Système Nerveux Sympathiques, SNP : Système Nerveux Parasympathiques, NN : intervalle de temps entre deux battements cardiaques, SCR : réponses électrodermales

2.2.3 Influence des caractéristiques individuelles

La théorie de l'évaluation des émotions suggère que des individus évaluent les stimuli selon leurs propres préoccupations qui peuvent être différentes. Des individus peuvent ressentir des émotions différentes face à des mêmes stimuli affectifs [92]. Il existe aussi des différences entre les individus dans la conscience et l'expression des émotions. Des **caractéristiques individuelles**,

peuvent agir sur les émotions, permettent d'expliquer ces différences. Ces caractéristiques peuvent être liées à des facteurs démographiques, aux traits de personnalité ou cognitifs, ou de l'état actuel des individus.

Les émotions ressenties et leurs manifestations diffèrent en fonction de la **culture** des individus. Hofstede (1994) définit la culture comme « *la programmation collective de l'esprit qui distingue les membres d'une catégorie de personnes d'une autre* » ([144], p.5). Ces catégories de personnes peuvent être liées à une nationalité, une région, un groupe de genre, une classe sociale, un groupe religieux ou une organisation de travail. La culture est principalement utilisée pour distinguer les populations de différentes nationalités. La culture peut être caractérisée par le **modèle de Hofstede** [144–146], comparant les cultures selon cinq dimensions : l'individualisme/collectivisme, la distance hiérarchique, le contrôle de l'incertitude, la masculinité/féminité et l'orientation sur le court/long terme. La dimension individualisme/collectivisme exprime le degré d'intégration et de liberté des individus face aux groupes. Au sein de cultures individualistes, une grande importance est donnée aux intérêts propres des individus qui ont une grande autonomie par rapport aux groupes et normes sociales. Au sein de cultures collectivistes, une grande importance est donnée à l'harmonie du groupe, notamment par la solidarité et l'attachement aux valeurs communautaires. La dimension de distance hiérarchique exprime le degré d'acceptation des inégalités de statuts et de pouvoir entre les individus. Cette dimension révèle aussi le degré de respect envers la hiérarchie et l'autorité. La dimension de masculinité/féminité renvoie à la répartition des rôles entre les genres dans la société. Le contrôle de l'incertitude traite de la tolérance face à l'incertitude, à des situations non structurées, nouvelles et inconnues. Enfin, l'orientation à court/long terme est associée aux préoccupations des individus concernant le passé, le présent et l'avenir. L'orientation sur le long terme est associée à la persistance et à la persévérance, tandis que l'orientation à court terme est associée au respect des traditions et des obligations sociales. Les dimensions individualisme/collectivisme et de distance hiérarchique sont en général négativement corrélées. L'individualisme est élevé et la distance hiérarchique faible dans les pays occidentaux, par exemple aux États-Unis, en Europe de l'Ouest et en Australie. Les cultures asiatiques, d'Amérique du Sud et du Moyen-Orient sont considérées comme collectivistes, avec un fort degré de distance hiérarchique. En particulier, dans cette recherche, nous nous concentrons sur les **populations françaises et chinoises**. La Figure 2-3 représente les scores attribués à chacune de ces cultures pour les 5 dimensions du modèle de Hofstede. La France est associée à une culture d'individualiste et à faible distance hiérarchique. Au contraire, la Chine est associée à une culture collectiviste et à forte distance hiérarchique.

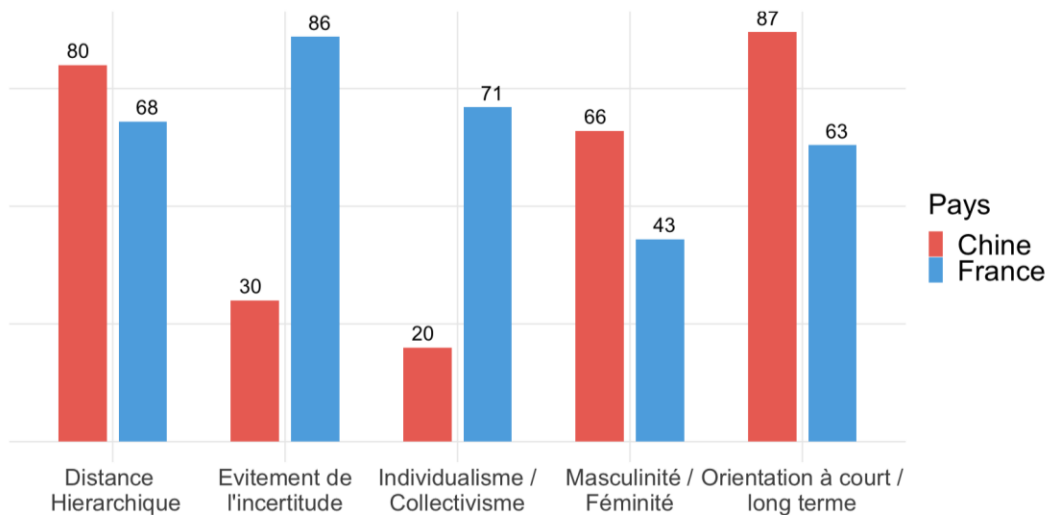


Figure 2-3 : Dimensions du Modèle de Hofstede pour la France et la Chine (Issue de [146])

La littérature a notamment montré que les dimensions **individualisme/collectivisme** et de **distance hiérarchique** peuvent expliquer des différences émotionnelles entre les individus. Dans les cultures individualistes, l'unicité individuelle et l'affirmation de soi sont très appréciées et encouragées. Les individus sont encouragés à exprimer leurs pensées, sentiments et émotions, et ils ont davantage tendance à ressentir et à exprimer des émotions à fort niveau d'activation. En revanche, dans les cultures collectivistes, l'harmonie au sein d'un groupe est privilégiée. Les individus sont encouragés à contrôler l'expression de leurs pensées, sentiments et émotions, qui peuvent être vue comme une menace à la cohésion de groupe. Les individus expriment et préfèrent ressentir des émotions à faible niveau d'activation [147, 148]. Par exemple, dans les cultures individualistes, la perception et l'expression d'émotions négatives, telles que la colère, la peur ou la tristesse, sont plus intenses que dans les cultures collectivistes [149]. Ou encore, dans des situations de réussites, les cultures individualistes rapportent davantage des émotions liées à la fierté, que les cultures collectivistes, rapportant davantage des émotions liées à la chance [150].

L'**âge** et le **genre** jouent aussi un rôle sur les expériences émotionnelles. Buck et al. (1974) [151] ont montré que les femmes expriment plus leurs émotions par l'expression verbale, alors que les hommes manifestent plus leurs émotions par la physiologique. Dans les cultures occidentales, les hommes rapportent davantage des émotions à plus forts niveaux d'activation, comme de la colère, que les femmes, qui rapportent plus des émotions à faibles niveaux d'activation, comme de la tristesse. Ces différences s'expliquent en partie par les statuts et rôles des genres dans leurs sociétés [152]. Par ailleurs, les émotions tendent à devenir globalement plus positives et moins négatives avec l'âge. Les adultes plus âgés déclarent également éprouver moins souvent des émotions à forts niveaux d'activation, qu'elles soient positives ou négatives, que les jeunes

adultes [153, 154]. Cette étude [155] suggère aussi que les relations entre les émotions et l'âge dépendent du genre, mais aussi d'autres variables comme la personnalité, le contexte et de la situation sociodémographique.

Les **traits individuels** peuvent aussi moduler les réponses émotionnelles aux événements de la vie. Les traits réfèrent aux caractéristiques de pensée et façon d'être qui se généralisent dans des situations similaires et qui restent stables dans le temps. Les traits individuels peuvent être liés à la personnalité ou au style cognitif. C'est notamment **la personnalité** qui apporte aux individus des prédispositions à éprouver certaines émotions. La personnalité peut être décrite par le modèle des *Big Five* [156], qui décompose la personnalité en cinq traits : l'ouverture, la conscienciosité, l'extraversion, l'agréabilité et le neuroticisme/névrosisme. L'extraversion et le neuroticisme sont particulièrement liés aux réponses affectives [148]. L'extraversion désigne la tendance à chercher la compagnie des autres et à éprouver des émotions positives comme de l'enthousiasme, de la joie, de la sérénité, ou de la satisfaction. Le neuroticisme désigne la tendance à éprouver des émotions désagréables comme de la peur, de la colère, de la culpabilité, de l'inquiétude ou de la tristesse. Les traits d'anxiété et de colère [157], exprimant le fait que les individus ont plus de chances d'éprouver des émotions respectivement d'anxiété et de colère, sont beaucoup étudiés dans la littérature. L'anxiété liée à la santé reflète la tendance à éprouver des peurs à l'égard de maladies graves, souvent fondées sur une mauvaise interprétation de sensations ou de symptômes [158, 159]. Ainsi, les individus possédant des attributs de personnalité négatifs, tels que des niveaux de neuroticisme, de dépression, de colère ou d'anxiété élevés, interprètent leur environnement comme plus stressant et menaçant et rapportent davantage des émotions négatives. En revanche, les individus possédant des caractéristiques de personnalité positives, telles que des niveaux d'extraversion ou d'optimisme élevés, évaluent généralement leur environnement d'une manière plus favorable et rapportent davantage des émotions positives [160]. Ces tendances se retrouvent également dans les réponses neurophysiologiques [161].

L'**état individuel** réfère aux caractéristiques individuelles à un moment précis, pouvant varier dans le temps et en fonction de la situation. Les états individuels sont plus passagers que les traits de personnalité, mais plus durables que les émotions. Ils peuvent aussi influencer les émotions ressenties par les individus. Par exemple, l'humeur est un état individuel influençant les émotions. Une personne de bonne ou de mauvaise humeur sera plus susceptible de ressentir respectivement des émotions positives ou négatives. Ou encore, les sentiments peuvent biaiser l'interaction avec un objet. L'interaction avec un objet auquel un sentiment est déjà attaché peut

évoquer une émotion en souvenir. L'état émotionnel antérieur d'un individu peut aussi affecter les émotions ultérieures [96]. Un individu dans un état anxieux, aura davantage tendance à éprouver des émotions négatives. Par ailleurs, la fatigue liée à un manque de sommeil amplifie les émotions négatives en réaction à un événement désagréable et diminue les émotions positives en réponse à un événement positif [162]. D'autres états individuels, tels que la motivation, le dynamisme et la concentration, peuvent jouer sur les réponses émotionnelles des individus.

2.2.4 Émotions et santé

La santé est un domaine fortement émotionnel. La santé peut fortement impacter les émotions des individus, mais aussi, les émotions peuvent impacter la santé des individus.

La **santé** est un domaine pouvant générer de **fortes émotions**, notamment de la perspective des patients. L'expérience-patient est de plus en plus reconnue comme un vecteur important d'amélioration des services de santé et est parfois considérée comme une priorité [163]. Le suivi de sa santé est un processus personnel pouvant impliquer des enjeux importants pour sa vie, son bien-être mental et physique. Les patients peuvent ressentir des émotions fortes et de différentes natures, notamment par le fait d'avoir peur de découvrir ce qui se passe dans leur corps et leur psychisme, sans avoir aucun contrôle. McColl-Kennedy et al. (2017) [164] ont analysé des émotions que les patients peuvent ressentir dans des processus de santé. Des événements, comme la visite pour une douleur dans le corps, une admission aux urgences ou une chirurgie, induisent des émotions négatives telles que de l'inquiétude, de l'anxiété, de la peur, de l'impuissance ou de l'incertitude. D'autres événements, comme la gestion d'une douleur à domicile, le rétablissement ou la préparation d'une hospitalisation, induisent des émotions positives telles que du soulagement, de la joie, de la gratitude, de l'espoir ou de l'optimisme. Les intensités et les natures des émotions des patients peuvent rapidement varier. Andersen et al. (2017) [165] se sont concentrés sur la compréhension des expériences de patients équipés d'un moniteur cardiaque implantable et d'une application mobile. Par des entretiens avec des patients, ils constatent que leurs émotions sont principalement négatives, en lien avec de l'incertitude, de l'anxiété ou de la perte d'espoir. Par exemple, l'anxiété des patients provient du fait de ne pas recevoir des retours des professionnels de santé sur des résultats et de ne pas comprendre les symptômes, ce qui peut impacter leur maladie. Cependant, des émotions positives, comme du soulagement, du réconfort ou de la sérénité, peuvent être générées par des discussions sur les symptômes et une interaction continue et réconfortante avec les professionnels de santé. Par ailleurs, des niveaux significativement plus élevés de honte, de culpabilité, de peur et de défaite mentale ont été

observés chez les patients souffrant de douleurs musculo-squelettiques chroniques comparés à des individus sans douleurs. En particulier, ces résultats montrent que l'expérience de la douleur chronique se place dans un contexte social et relationnel, les patients ayant peur d'être jugé durement par les autres [166]. La littérature aborde beaucoup la question du soutien émotionnel pour les patients atteints d'un cancer, pour lesquels les émotions sont très fortes, que ce soit lors du diagnostic, tout au long du traitement, lors de la rémission ou de la guérison [167, 168].

Les émotions et le stress peuvent avoir des **conséquences pour la santé** des individus. Dans un premier temps, les émotions agissent sur la physiologie, par l'activation du système nerveux autonome, et donc directement sur la santé physique des individus.

Les émotions agissent aussi sur les processus cognitifs, comme la perception, l'attention, la mémoire, l'apprentissage et le jugement [126, 127], influençant les **comportements et décisions de santé** des individus. Ferrer et Mendes (2018) [169] ont répertorié des études analysant le rôle des émotions et du stress dans les décisions et les comportements de santé. Des émotions positives et un faible niveau de stress contribuent davantage à un comportement sain comme un engagement dans le suivi de la santé, une alimentation saine et des pratiques physiques. Des émotions négatives et un fort niveau de stress contribuent plutôt à des comportements à risques pour la santé comme fumer, trop manger et boire de l'alcool. Dans un processus de gestion de la santé, les émotions et le stress peuvent avoir un impact sur la perception des symptômes, la recherche de soins, le contact médical, la prise de décision et l'adhésion au traitement des patients [170]. Des fortes émotions positives peuvent améliorer l'engagement des patients face aux services de santé et améliorer leur perception envers la qualité des services [171]. La peur est aussi souvent utilisée dans les publicités anti-tabac pour motiver un changement de comportement chez les fumeurs. Ces changements de comportement peuvent impacter la santé mentale et physique des individus.

Ces changements de physiologies et de comportements dûs aux émotions et au stress peuvent sur le long terme impacter grandement la santé physique et mentale des individus.

Il reste encore beaucoup de recherche à mener sur la **compréhension des émotions** dans le domaine de la santé afin de contribuer positivement à la vie des patients. McColl-Kennedy et al. (2017) [164] en ont établi une liste de problématiques. Les premières questions concernent la compréhension des émotions ressenties par les patients et leurs évolutions dans le temps qui doit tenir compte du contexte. Les émotions sont différentes pour un acte urgent à l'hôpital, que pour la gestion d'une maladie chronique à domicile. Le deuxième domaine de recherche concerne

l'examen des facteurs, tels que le type de maladie, l'état psychologique ou la culture, qui animent les émotions afin de pouvoir aider les individus à y faire face. Il est aussi nécessaire de comprendre les facteurs qui peuvent aggraver les émotions, tels que la gravité de la maladie, la situation financière, la personnalité et les états des individus. Enfin, il reste beaucoup à découvrir sur l'impact des émotions sur le bien-être physique, psychologique et social des patients.

Pour résumer, la santé est ainsi un domaine sensible et personnel, le rendant fortement émotionnel. Les patients sont des individus particuliers avec de fortes charges émotionnelles qui peuvent avoir des impacts importants pour leur santé. Il est alors nécessaire de favoriser les émotions minimisant les impacts physiologiques, psychologiques et comportementaux à risques et encourageant les impacts sains [172, 173], que ce soit dans le mode de vie ou dans la gestion de la santé. Le contexte particulier de la **santé à distance** n'a été que peu étudié dans la littérature. Yokoi et al. (2021) [174] ont montré que les individus peuvent faire moins confiance à l'intelligence artificielle qu'à un médecin concernant la décision d'un traitement médical, confirmant le fait que les réactions des patients peuvent être différentes face à des services de santé à distance ou en face-à-face. Les spécificités du suivi à distance peuvent être des facteurs aggravant ou améliorant les émotions des patients.

2.3 Conception centrée-utilisateur

2.3.1 Conception centrée sur l'expérience-utilisateur (UX)

La **conception centrée-utilisateur** est une démarche de conception plaçant l'utilisateur au centre de la procédure en considérant ses besoins, préférences, attentes, expériences et caractéristiques dans les étapes de conception [175]. Cette démarche s'applique principalement pour les systèmes informatiques. Elle vise à améliorer l'interaction homme-système et est plutôt guidée par les utilisateurs plutôt que par des possibilités et performances techniques ou technologiques. La norme ISO 9241-210:2019 spécifie des exigences et des recommandations de conception centrée-utilisateur, intervenant tout au long du cycle de vie des systèmes interactifs.

C'est à la fois une philosophie de conception et une variété de méthodes. Il existe de nombreuses façons d'impliquer les utilisateurs dans la conception [175]. Le *Design Thinking* est un processus de conception comprenant 5 étapes [176] : [1] l'empathie avec les utilisateurs, [2] la définition du problème, [3] l'idéation ou la génération d'idées, [4] le prototypage et [5] les tests. Des retours en arrière sont possibles, notamment à partir de la phase de tests, qui peuvent conduire à redéfinir du problème, générer de nouvelles idées ou chercher à en apprendre plus sur

les utilisateurs. Aoussat (1990) propose une démarche de conception en 4 étapes [177] : [1] l'identification du besoin, [2] l'interprétation du besoin, avec un mise en place d'un cahier des charges, [3] la définition du produit et [4] la validation du produit, comprenant un prototypage et des tests. La majorité des méthodes comprennent une phase d'empathie pour comprendre les utilisateurs finaux et leurs caractéristiques, telles que leur âge, leur genre, leur culture, mais aussi leurs connaissances, leur mode de vie, leurs sentiments, leurs pensées, leurs expériences, etc. Il est également important de comprendre la nature des tâches effectuées par les utilisateurs ainsi que le contexte d'utilisation : où ? quand ? comment ? pourquoi ? Il est aussi essentiel d'étudier les problèmes rencontrés avec les systèmes existants ainsi que les besoins et attentes des utilisateurs. Ces informations peuvent être collectées par plusieurs méthodes telles que des observations, des interviews, des questionnaires, des grilles d'observation ou des *focus groups*.

La **conception UX** (*User eXperience Design* en anglais) considère plus particulièrement l'**expérience-utilisateur** dans la conception [178]. La littérature explore en plus grande partie l'expérience-utilisateur en terme d'usabilité des interfaces, référant à la capacité dans laquelle une interface peut être utilisée par un individu pour réaliser une tâche spécifique avec efficacité et facilité. Le modèle *Technology Acceptance Model* est le plus utilisé, suggérant que l'acceptation et l'utilisation d'une technologie sont influencées par la facilité et l'utilité perçues. Cependant, la littérature tend davantage à considérer que l'usabilité n'est pas le seul aspect à considérer de l'expérience-utilisateur [179]. Celle-ci comprend une large variété d'aspects tels que la qualité perçue, l'expérience émotionnelle, les réponses physiques ou l'attractivité, pouvant être liés les uns aux autres. En particulier, la qualité perçue peut avoir un fort impact sur l'utilisation d'un système [180].

L'**expérience émotionnelle** est aussi centrale dans le domaine de l'interaction homme-ordinateur. L'ingénierie Kansei, étudiée par exemple par Bouchard et al. (2003) [181] et Levy (2013) [182], s'est développée dans les années 70 au Japon et plus récemment en Europe. Il s'agit d'une méthode de conception traduisant les besoins psychologiques et émotionnels des utilisateurs en paramètres de conception. Elle considère qu'il est possible de concevoir un produit afin de provoquer une émotion particulière. Un grand nombre d'études ont analysé les émotions induites par des systèmes informatiques couvrant un large éventail de domaines d'application [96, 183–185] et plusieurs types de machines comme des téléphones mobiles et leurs applications [138, 186], des ordinateurs [187], des robots [188, 189] ou des simulateurs de réalité virtuelle [190]. Les caractéristiques de la tâche effectuée par l'utilisateur, comme le niveau de difficulté [191, 192], jouent un rôle important sur les émotions des utilisateurs.

2.3.2 La conception UX d'interfaces

La plupart des systèmes informatiques sont composés d'**interfaces** permettant à l'utilisateur d'interagir avec le système. Il existe des guides de conception aidant à concevoir des interfaces faciles à utiliser et attrayantes. Nous pouvons citer *Apple's Human Interface Guidelines* [193], *Microsoft's User Interface Guidelines* [194], *Sun's Java Look and Feel Guidelines* [195], et *GNOME Human Interface Guidelines* [196]. Ces guides se concentrent sur des variables d'interface telles que l'organisation des menus, des zones de texte, des boutons, l'utilisation de la couleur, de la police ou des marges.

La **conception UX** d'interface considère que des stratégies de conception peuvent influencer l'**expérience-utilisateur** (Figure 2-4). Par exemple, Lowry et al. (2014) [197] ont montré que la présence de logos sur des sites Internet d'entreprise augmente la crédibilité perçue de l'entreprise. Noei et al. (2017) [198] ont montré que la complexité ou le nombre d'entrées d'une application ont un effet sur la qualité perçue.

Dans le cas d'une **conception émotionnelle**, la conception d'interface est utilisée pour influencer l'expérience émotionnelle des utilisateurs. Une large variété de caractéristiques d'interface peuvent impacter les émotions. Bhandari et al. (2017) [199] ont analysé l'effet de l'organisation et l'originalité d'applications mobiles. Les caractéristiques esthétiques de sites Internet d'apprentissage ont été étudiées par Heidig et al. (2015) [200]. Kim, et al. (2003) [201] ont étudié l'impact des formes, textures et couleurs, d'objets, de fonds d'écran et du menu de sites Internet. Les couleurs sont connues pour générer des émotions spécifiques. Les couleurs chaudes provoquent des émotions stimulantes à fort niveau d'activation, tandis que les couleurs froides sont plutôt assimilées à des émotions calmes à faible niveau d'activation [202]. Ces assimilations sont dues à des connotations qui dépendent notamment de l'expérience des individus, des conventions culturelles et des stéréotypes [203]. Lockner et Bonnardel (2014) [204] ont proposé un modèle classifiant les composants de l'interface susceptibles d'influencer les émotions : le contenu, le design de l'interface et la tâche effectuée. Le contenu réfère aux informations et aux données transmises à l'utilisateur (textes, chiffres, photos, vidéos, etc.). Le design réfère à la mise en forme et à la présentation du contenu. La tâche correspond à l'objectif recherché lors de l'utilisation de l'interface (lire, recherche, comparer, etc.).

En impactant l'expérience-utilisateur, la conception UX peut influencer les **comportements** des utilisateurs (Figure 2-4). La conception persuasive vise à influencer les comportements dans une direction souhaitée, par exemple, pour encourager l'**utilisation d'un système**. Bhandari et al.

(2019) [205] ont montré que des facteurs esthétiques d'applications mobiles impactent les émotions, influençant la prise de décision des utilisateurs comme l'intention de télécharger l'application. Des caractéristiques esthétiques peuvent aussi impacter la motivation pour travailler avec un système [200]. L'engagement sur le long terme envers un système peut aussi être amélioré par la conception centrée-utilisateur du système [206].

La conception UX peut aussi modifier des **comportements de vie**. Orji & Moffatt (2018) [207] ont étudié comment la technologie persuasive peut être utilisée pour influencer les comportements de santé et du bien-être. L'apprentissage en ligne peut être encouragé par une conception émotionnelle, comme analysé par Kumar et al. (2019) [208]. Yi et al. (2021) [209] ont étudié comment l'organisation et la conception émotionnelle d'une l'interface pour l'éducation à la sécurité et à la prévention face au COVID-19 impactent l'expérience-utilisateur en terme d'intérêt, de qualité perçue et de plaisir. Le comportement-utilisateur dans la compréhension et l'apprentissage du message de sécurité est aussi impacté.

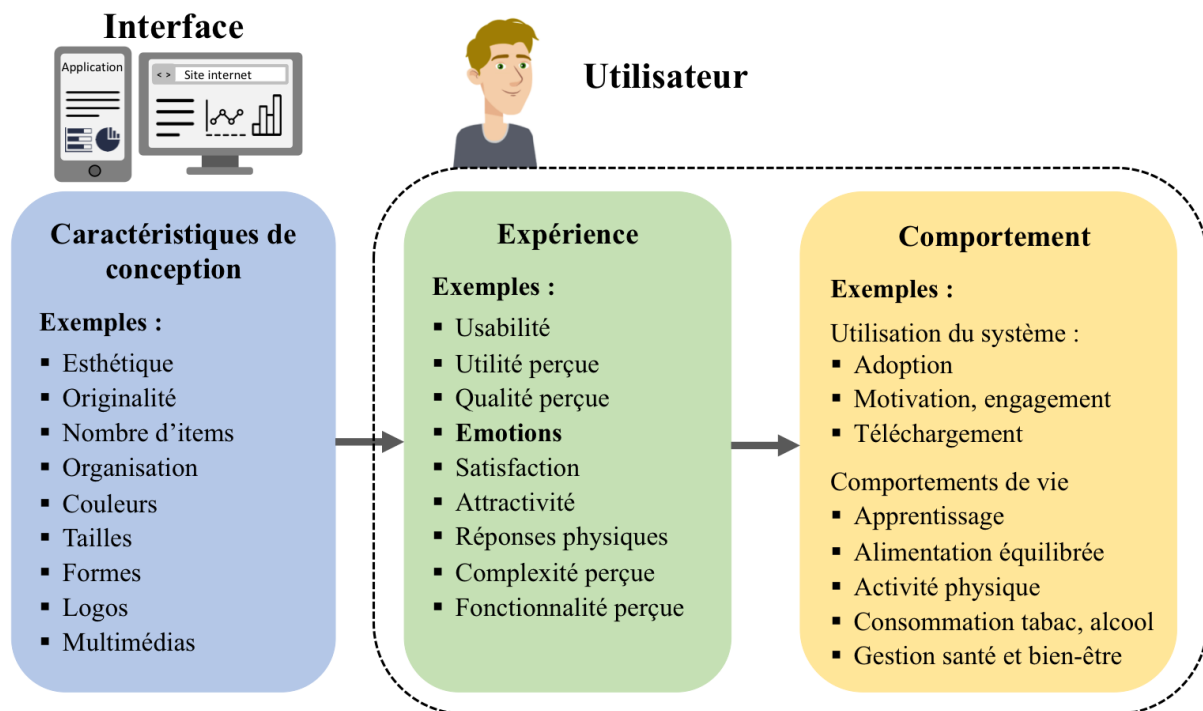


Figure 2-4 : Relations entre conception d'interface, expérience-utilisateur et comportement

2.3.3 La conception UX des services de santé

Dans le domaine sensible de la santé à distance, les utilisateurs sont des patients pouvant ressentir de fortes émotions (voir Partie 2.2.4). La conception centrée sur l'expérience-patient des outils de santé est alors primordiale.

La **conception des systèmes de santé** peut en effet influencer l'**expérience-patient**. Agnisarman et al. (2017) [210] ont comparé quatre plateformes de télémédecine et ont montré que les utilisateurs préfèrent des systèmes demandant une charge mentale et un temps d'exécution plus faibles pour l'installation et à la création de compte. Anderson et al. (2017) [165] ont analysé les expériences émotionnelles de patients atteints de maladies cardiaques chroniques et utilisant une application de santé. Ils proposent trois dimensions de conception de l'application : la connectivité, la compréhension et la compassion. La connectivité réfère au besoin des patients d'être connectés aux structures et aux professionnels de santé pour se rassurer. La compréhension réfère au besoin des patients de comprendre leur maladie afin d'être moins anxieux sur des symptômes. Finalement, la compassion exprime le besoin de soins personnalisés. Fang et al. (2019) [211] ont évalué l'usabilité et l'expérience émotionnelle face à quatre types de représentation de données de santé sur une application : du texte, un diagramme, une image et une animation. Le diagramme a induit des niveaux de performance plus faibles et l'animation a généré des émotions à plus hauts niveaux de valence chez les participants.

La conception des systèmes de santé influence aussi les **comportements de santé** des patients notamment dans l'**utilisation des outils de santé**. Parthasarathy & Fang (2013) [212] ont analysé comment la conception émotionnelle des interfaces de site internet de santé pouvait encourager les utilisateurs à rester, participer et revenir sur les sites. D'après l'étude de Ozok et al. (2017) [213], l'utilisation de dossiers personnels de santé est influencée par l'utilité perçue, le soutien à la communication patient-médecin, la compréhensibilité des informations de santé, l'influence sociale, la volonté de partage et la personnalisation. Stal et al. (2020) [214] ont montré que le genre, l'âge et le rôle des agents conversationnels impactent l'adoption des applications de santé. La conception persuasive peut aussi influencer les **comportements de vie** et encourager les patients à adopter des comportements sains. Klasnja et al. (2009) [172] soutiennent que la conception des applications de santé peut encourager les utilisateurs à maintenir une activité physique régulière. D'après Smahel et al. (2019) [215], les fonctions des applications de santé, comme la planification et de suivi des objectifs, la surveillance du poids, le suivi des paramètres de santé et les fonctions de socialisation, impactent les comportements dans la recherche de minceur, l'exercice physique et le suivi du poids. Intille (2004) [216] a étudié comment la reconnaissance informatique peut être utilisée pour envoyer des messages de motivation au bon moment et au bon endroit, favorisant l'activité physique et une alimentation saine.

Pour résumer, ces études montrent l'importance de la conception centrée sur l'expérience-patient des systèmes de santé à distance. Une conception mal établie peut conduire à une mauvaise

utilisation, à l'abandon des systèmes et à des comportements à risques pour la santé. Une bonne conception peut encourager les patients à utiliser les systèmes dans leur vie quotidienne et à adopter des comportements sains. Cependant, peu d'études se sont concentrées spécifiquement sur l'**expérience émotionnelle des patients** et sur la question de la **conception de l'interface-patient**. Or, le manque d'engagement et l'abandon des outils font partie des principaux freins empêchant le développement de la santé à distance (Partie 1.1.6). La conception UX des systèmes de santé à distance est alors essentielle pour faire face à cette problématique [5, 70]. Les méthodes utilisées analysent des retours de questionnaires et interviews ou comparent les comportements et expériences des patients face à des caractéristiques de conception, les considérant comme indépendantes les unes des autres. Notre proposition est d'optimiser les interfaces de santé face à un plus grand nombre de caractéristiques de conception.

2.3.4 Influence des caractéristiques individuelles

Nous avons étudié en Partie 2.2.3, le rôle des **caractéristiques individuelles** dans les émotions ressenties et leurs manifestations. Dans le domaine de l'**interaction homme-ordinateur**, les différences individuelles influencent particulièrement les perceptions, préférences et comportements des utilisateurs.

Le genre et l'âge des utilisateurs influencent des perceptions, préférences et attitudes dans l'interaction homme-ordinateur. Le **genre** joue un rôle face à l'utilisation d'Internet [217]. D'après Lin & Hsieh (2016) [218], les trois critères dans la conception de sites Internet les plus importants pour les hommes sont la compatibilité, l'action minimale et la flexibilité, tandis que les trois critères les plus importants pour les femmes sont la compatibilité, la facilité d'apprentissage et le guidage de l'utilisateur.

Il est aussi évident que les préférences de conception diffèrent en fonction de l'**âge** des utilisateurs. Principalement en raison de déficiences cognitives, mémorielles et visuelles, ou d'un manque d'expérience, les personnes âgées ont besoin de caractéristiques de conception particulières. Concernant les systèmes de santé à distance, Alsswey & Al-Samarraie (2020) [219] ont montré que l'âge impactait les relations entre usabilité, utilité perçue et l'intention d'utiliser des applications de m-santé. Pour Fang et al. (2019) [211], les personnes âgées et les personnes plus jeunes réagissaient différemment aux différents formats de représentation des données de santé. L'âge joue aussi un rôle sur les fonctions utilisées sur les applications de m-santé. Par exemples, les plus jeunes utilisent davantage les fonctions de suivi du poids [215].

Les **traits de personnalité**, en particulier cognitifs, impactent l'interaction homme-ordinateur. Les styles cognitifs réfèrent aux façons dont les individus traitent les informations. Le style cognitif relatif à la **dépendance-indépendance à l'égard du champ** joue un rôle majeur sur la recherche d'information sur Internet. Il exprime le degré auquel la perception ou la compréhension d'une information est affectée par l'environnement perceptif ou contextuel. Les individus dépendants à l'égard du champ abordent une tâche de manière holistique, voient généralement une image globale et ignorent les détails. Les individus indépendants à l'égard du champ ont tendance à discerner les images comme étant distinctes de leur arrière-plan et à se concentrer sur les détails. D'après Chen et al. (2005) [220], les variables d'interface affectées par la dépendance-interdépendance à l'égard du champ sont l'organisation des sujets, la présentation des résultats et la disposition sur l'écran. Les utilisateurs emploient des stratégies de recherche d'information et perçoivent les moteurs de recherche internet différemment [217].

Kumar et al. (2019) [208] ont analysé le rôle de l'**intelligence émotionnelle** sur la conception émotionnelle favorisant l'apprentissage en ligne. L'intelligence émotionnelle influence l'intention des individus à utiliser un système d'apprentissage et leurs niveaux de satisfaction. La satisfaction à utiliser un système ne dépend pas seulement de sa conception, mais également de la manière dont les utilisateurs gèrent émotionnellement l'interaction.

Nous pouvons facilement imaginer que le niveau d'expérience face à l'utilisation d'un système et les connaissances sur le domaine impactent aussi les perceptions et comportements des utilisateurs. Le **niveau d'expérience** influence, par exemple, les préférences de conception de sites Internet d'enseignement : les parcours d'enseignement flexibles sont plus bénéfiques pour les personnes expérimentées tandis que du contenu structuré est plus approprié pour des débutants [217]. En ce qui concerne la recherche sur Internet, Hölscher & Strube (2000) ont montré que les débutants et expérimentés utilisent des stratégies de recherche différentes et montrent des différences dans les perceptions et le temps à effectuer des tâches [221]. Dans le domaine de la santé à distance, les fonctions de socialisation des applications de m-santé sont moins utilisées par les utilisateurs avec un fort niveau d'expérience sur l'utilisation de Smartphones [215]. Il se peut que les individus utilisant fréquemment un Smartphone communiquent davantage via d'autres plateformes de réseaux sociaux.

La **connaissance** du domaine peut, par exemple, influencer l'apprentissage dans un environnement hypermédia [222]. La connaissance du domaine impacte aussi la recherche d'information sur Internet : les individus ayant peu de connaissance du domaine utilisent des requêtes plus longues que celles ayant une connaissance du domaine plus élevée [221].

La **culture** joue également un rôle très important dans l'interaction homme-ordinateur. Marcus et Gould (2000) [223] ont analysé comment les 5 dimensions du modèle de Hofstede [146] influencent la conception d'interface. Würtz (2005) [224] observe les différences culturelles de conception de sites Internet expliquées par la dimension de haut et bas contexte de Hall (1989) [225]. Ahmed et al. (2008) [226] ont comparé des sites britanniques et malaisiens de tourisme, d'éducation et de ventes, Sook Lee et al. (2007) [227] des sites de ventes de vêtements Coréens et Américains, et Hseih (2015) [228] des sites internet locaux australiens et malaisiens, en termes de représentations visuelles, de liens, d'organisation et l'élément multimédia. Ces études montrent que la culture influence la structure, le contenu et le graphisme des sites Internet.

La dimension de **haut et bas contexte** se reflète dans la conception des sites internet. Dans les cultures à haut contexte, principalement en Asie et au Moyen-Orient, la communication est plus implicite. L'information n'est pas contenue seulement dans les mots mais aussi dans le contexte comprenant la gestuelle, l'intonation, la posture ou encore la distance entre les interlocuteurs. Ces cultures ont davantage tendance à utiliser des métaphores, des images et des animations. Dans une culture à bas contexte, principalement dans les pays occidentaux, la communication est plus directe et claire. L'information est transmise explicitement par des mots et est indépendante du contexte. Ces cultures utilisent davantage du texte et des informations pratiques et directes.

Il existe également des différences sur les thèmes abordés qui sont en accord avec les tendances **collectivistes ou individualistes**. Les cultures collectivistes abordent davantage les thèmes de la reconnaissance, l'appartenance sociale, l'identité nationale et les relations communautaires et familiales. Ils fournissent des outils promouvant la cohésion d'un groupe tels que des forums de discussion, des bulletins d'information, des informations sur les partenariats, des événements locaux ou des programmes de fidélité. Les cultures individualistes abordent plutôt les thèmes de la liberté, de la vie quotidienne individuelle et du temps passé pour soi. Par exemple, concernant les sites de vente de produits, les cultures collectivistes utilisent des images représentant les produits utilisés par des individus, tandis que les cultures individualistes affichent le mode de vie des individus, avec ou sans lien direct sur l'utilisation de produits.

La dimension de **distance hiérarchique** se reflète aussi dans le contenu des sites et leurs structures. Les cultures à forte distance hiérarchique affichent davantage des indications de récompenses, de statuts et de logos d'autorité. Ils accordent plus d'importance aux expertises et avis de professionnels. Ils ont tendance à créer des sites à plusieurs niveaux avec l'ouverture de nouvelles pages dans de nouvelles fenêtres du navigateur. Les cultures à faible distance hiérarchique se concentrent sur la tâche et l'égalité des visiteurs. Ils proposent des structures

plates avec une mise en page structurée, peu de pages et l'ouverture de nouvelles pages dans la même fenêtre du navigateur. Ces différences peuvent aussi être expliquées par les dimensions d'orientation à court ou long terme et de contrôle de l'incertitude. En effet, au sein des cultures avec une orientation à court terme, souvent individualistes, les individus préfèrent obtenir rapidement des résultats. La structure est claire et orientée sur les objectifs. Ce sont aussi des cultures avec une faible tolérance à l'égard de l'incertitude. Au sein des cultures avec une orientation à long terme, souvent collectivistes, les individus ont tendance à être patients pour atteindre des objectifs. Les sites sont moins structurés, orientés processus et favorisent une approche exploratoire. Ces cultures ont souvent une forte tolérance à l'égard de l'incertitude.

La culture peut aussi impacter les **expériences** et **comportements** des utilisateurs face aux caractéristiques de conception d'interfaces. Vis-à-vis de sites commerciaux, la culture influence les intentions d'achat [229]. Hassanein et al. (2009) [230] ont aussi montré que le sentiment de présence sociale de sites commerciaux affecte différemment le sentiment de confiance chez des utilisateurs chinois et canadiens. D'après Chau et al. (2002), les consommateurs de Hong Kong ont plutôt tendance à utiliser Internet comme outil de communication sociale, tandis que des consommateurs américains recherchent davantage des informations sur des produits [231]. Les comportements de planification de voyage sur Internet de participants de Belgique et des Etats-Unis ont été examinés par Jordan et al. (2013) [232]. Les Belges, qui ont plutôt un niveau élevé d'évitement de l'incertitude, exploraient de nombreuses options de voyage avant de faire un choix, tandis que les Américains, avec plutôt un niveau faible d'évitement de l'incertitude, avaient tendance à choisir la première solution et à réserver plusieurs produits sur un seul site.

Plusieurs **stratégies de conception** d'interfaces peuvent être envisagées pour prendre en compte les différences individuelles. La première stratégie consiste à concevoir différentes interfaces pour différents groupes d'utilisateurs avec des caractéristiques similaires. Par exemple, Barber et Badre (1998) [233] soutiennent que la conception d'une interface doit refléter les nuances culturelles des utilisateurs. Une autre stratégie peut être de concevoir une interface qui s'adapte aux caractéristiques de l'utilisateur. En fonction de données fournies par utilisateur, par des questionnaires ou mesures physiologiques par exemple, les caractéristiques de l'interface peuvent être modifiées afin de maximiser l'expérience-utilisateur. Il est aussi possible de concevoir un système unique et robuste qui minimise l'influence des différences individuelles. Finalement, la dernière stratégie consiste à négliger l'influence des différences individuelles. Afin de choisir une de ces stratégies, il est important de connaître le poids de l'influence des caractéristiques individuelles, qui semble dépendre du type de système et du domaine d'application.

En conclusion, l'impact des différences individuelles sur les systèmes de santé à distance a peu été étudié dans la littérature. En particulier, la culture semble jouer un rôle primordial dans l'interaction homme-ordinateur. Beaucoup de comparaisons culturelles d'interfaces ont été effectuées dans des domaines divers, mais le **domaine de la santé** n'a pas encore été étudié.

2.3.5 Algorithme génétique interactif pour la conception d'interface

Les processus de conception centrée-utilisateur habituellement utilisés sont souvent coûteux et chronophages. Les guides de conception existants sont génériques et ne s'appliquent pas à un contexte particulier. Ils fournissent généralement des règles de conception spécifiques à certaines variables, sans considérer leur interdépendance, et peuvent donc manquer d'exhaustivité. Il existe peu d'approches combinatoires pour collecter facilement les préférences des utilisateurs face à un grand nombre de variables dans le but d'optimiser la conception d'une interface-utilisateur.

L'utilisation d'un **algorithme génétique interactif (IGA : *Interactif Genetic Algoritym*)** peut être une solution efficace permettant de révéler des tendances de conception axées sur l'expérience-utilisateur face à un grand nombre de variables de conception. Il s'agit d'une approche combinatoire qui évalue des familles de solutions de conception et converge dans un temps raisonnable vers des solutions optimales. Cet algorithme a l'avantage de combiner l'évaluation subjective humaine et le calcul évolutif. Les algorithmes génétiques entrent dans la branche des algorithmes évolutionnaires. Ils s'inspirent des principes de la sélection naturelle et de l'évolution par des opérateurs génétiques tels que la sélection, la recombinaison, la mutation et la sélection. Dans le cas d'algorithmes génétiques interactifs, la fonction objective est une évaluation subjective de l'utilisateur. Ils visent à intégrer les préférences, les émotions, les intuitions et les connaissances des individus dans le processus d'optimisation [234–236].

Le **fonctionnement d'un IGA** est représenté en Figure 2-5. Un algorithme génétique propose une population de solutions candidates, appelées individus ou chromosomes. Les individus sont constitués d'un ensemble de variables, nommées les gènes, qui peuvent varier dans une plage de données. À partir d'une population initiale, l'algorithme effectue des itérations, appelées générations, lors desquelles des nouvelles populations sont générées convergeant vers des solutions meilleures. À chaque génération, les individus d'une population sont évalués par la fonction fitness. Ensuite, des opérations génétiques, notamment de sélection, de mutation et de recombinaison, sont effectuées sur les individus pour générer une nouvelle population. L'algorithme s'arrête lorsque la fonction fitness a atteint une cible, par exemple, lorsque la solution satisfait l'utilisateur ou lorsque le nombre maximal de génération a été atteint.

La mise en œuvre d'un IGA repose en grande partie sur la définition de la **fonction fitness**. Il s'agit d'une réponse subjective pouvant prendre plusieurs formes : l'attribution d'une note aux individus, la sélection d'un ou de plusieurs individus, comme le meilleur et le pire, à toutes les générations, ou seulement à une certaine fréquence de générations [237]. L'évaluation peut aussi être reliée à des indicateurs humains objectifs comme le temps passé à répondre, l'activité oculaire ou les mouvements de souris [238]. La fonction fitness peut être multi-objective et combiner une ou plusieurs évaluations humaines et mathématiques [237].

Différentes **opérations génétiques** peuvent être appliquées aux individus de la population. La recombinaison est l'opération qui accélère la convergence. Lors d'une recombinaison, un croisement est effectué entre l'individu et un ou plusieurs autres individus de la population, sélectionnés en fonction de l'évaluation de la fonction fitness. La mutation est l'opération qui diversifie la population et permet d'explorer l'espace de conception. Lors d'une mutation, un ou plusieurs gènes de l'individu sont modifiés aléatoirement. Lors d'une sélection, l'individu ne subit aucune modification.

Une des **difficultés** de la mise en œuvre d'un IGA réside dans le compromis à faire entre une exploration du maximum de solutions et la convergence rapide mais qui risque de converger vers des optimums locaux plutôt que vers la solution optimale. Pour cela, il est important de bien définir les paramètres d'implémentation de l'IGA tels que les taux de recombinaison, de mutation et de sélection, la population initiale, le nombre d'individus dans la population, le nombre de générations maximal et minimal, ainsi que la fonction fitness. Par ailleurs, étant donné que l'évaluation de la fonction fitness est effectuée par un utilisateur, il n'est pas possible d'effectuer un très grand nombre de générations pour éviter que les utilisateurs se fatiguent [239]. Plusieurs solutions sont envisageables pour limiter la fatigue, comme diminuer le nombre de choix devant être faits par l'utilisateur [237].

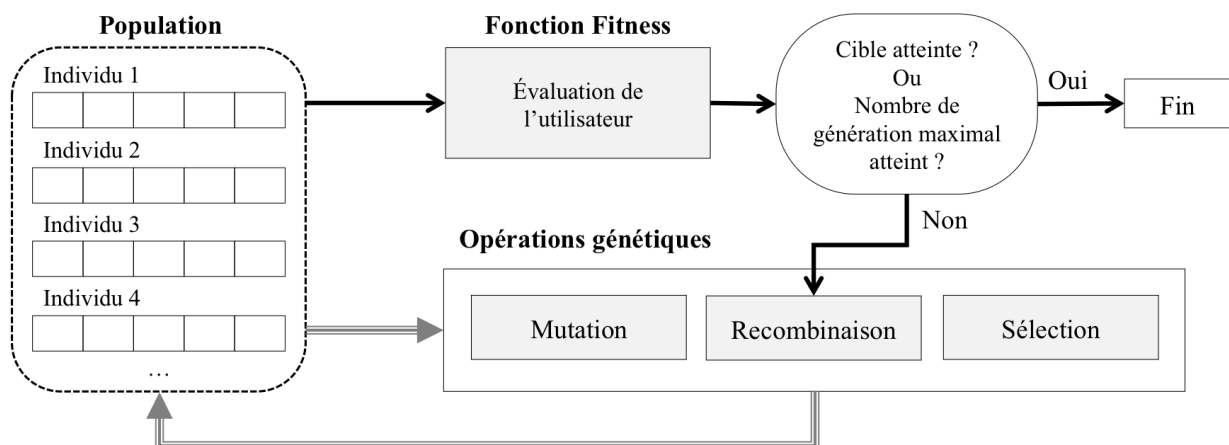


Figure 2-5 : Routine d'un algorithme génétique interactif (IGA)

L'IGA peut être appliqué dans de **nombreux domaines** où l'évaluation subjective des individus est essentielle, notamment les domaines de l'esthétisme, de l'art ou de la conception de produits. Dans la littérature, l'IGA a été appliqué dans le domaine de la mode [240, 241], pour la génération de sons [242], la création de personnages animés [243], l'agencement de paysage [244] ou pour la conception de produits : des objets de la vie quotidienne comme un verre de vin [235], la silhouette de voitures ou d'avion [236, 245], le tableau de bord de voitures [235] ou la forme d'un téléphone mobile [246].

L'IGA peut particulièrement être utilisé pour la **conception d'interface** [247]. Dans la littérature, l'IGA a été utilisé pour la conception d'une interface de musique [248], d'une interface de commande [238] ou de sites internet [249, 250]. Quiroz et al. (2007) [237] ont utilisé un IGA pour optimiser la représentation d'une interface définie par deux variables : la position et la couleur des objets. La fonction fitness était basée sur une composante subjective, pour laquelle l'utilisateur devait sélectionner l'individu qu'il aime le plus et celui qu'il aime le moins, et d'une composante objective qui déterminait dans quelle mesure les individus vérifiaient des consignes de conception. Les utilisateurs devaient faire des choix à un nombre régulier de générations afin de réduire leur fatigue. Bauerly & Liu (2009) [249] ont utilisé un IGA pour la mise en page d'un journal sur Internet. Six variables ont été utilisées : la hauteur de l'en-tête, la largeur de l'en-tête, la couleur de l'arrière-plan, la couleur du texte, la couleur de l'en-tête et la largeur de l'image de profil. Les utilisateurs devaient noter l'esthétisme de chaque individu par rapport à un modèle de comparaison. Cette étude montre que l'IGA a augmenté de 15% de l'attrait esthétique des pages Internet. Elles montrent également que l'IGA augmente la créativité de conception.

L'Algorithme Génétique Interactif peut ainsi être une solution efficace pour explorer l'espace de conception d'une interface face à grand nombre de variables et proposer des tendances de conception améliorant l'expérience-utilisateur dans un temps raisonnable. L'implémentation de l'algorithme, de par la définition des variables, de la fonction fitness et des paramètres d'implémentation, doit être étudiée et adaptée au problème.

2.4 Conclusion : positionnement de la recherche et contributions

L'état de l'art nous a permis d'étudier le domaine large des émotions (Parties 2.2), confirmant notre choix de nous intéresser aux **réactions émotionnelles** en réponses directes à un stimulus, notamment la consultation de données de santé sur une interface-patient. La bibliographie (Partie 2.2.4) a montré que les patients se sentent souvent stressés face à la santé, en raison des enjeux

élevés qui peuvent en découler. Nous nous sommes donc aussi concentré sur **le stress ressenti**.

Nous retiendrons les caractéristiques suivantes :

- L'émotion est une réponse individuelle suite à une évaluation cognitive du stimulus.
- Le stress est une réaction spécifique lorsque l'individu perçoit le stimulus comme menaçant et dépassant ses ressources.
- Ce sont des phénomènes de courte durée, rapides et focalisés sur le stimulus.
- Une émotion est caractérisée par un niveau de valence et d'activation (définie par le modèle Circumplex de Russell).
- Le stress est caractérisé par un niveau d'intensité.
- Les réponses émotionnelles et de stress dépendent des caractéristiques individuelles telles que l'âge, le genre, la culture, les traits de personnalité et cognitifs, l'humeur, les connaissances et expériences.
- Elles sont mesurables par des méthodes subjectives, comportementales et physiologiques. Les mesures ECG et EDA sont des méthodes physiologiques fiables et largement testées dans la littérature.

L'état de l'art nous a également permis de soutenir nos hypothèses et de mettre en évidence nos contributions dans le paysage scientifique, notamment concernant les points suivants :

- Les **émotions** des patients sont omniprésentes dans la santé (Partie 2.2.4), soutenant notre première hypothèse selon laquelle la santé à distance peut générer de fortes charges émotionnelles chez les patients. Cependant, la littérature se place principalement dans un contexte de médecine traditionnelle. Peu d'études ont abordé le contexte particulier de la santé à distance. La question spécifique des émotions ressenties lors de la consultation des données de santé à domicile n'a pas encore été traitée dans la littérature.
- La **conception UX** d'interface peut influencer l'expérience-utilisateur et des changements de comportements (Partie 2.3.1 et 2.3.2), soutenant notre deuxième hypothèse, selon laquelle la conception d'une interface de santé peut améliorer l'expérience-patient. Cependant, aucune étude ne s'est concentrée sur la conception émotionnelle de l'interface-patient, en particulier concernant la représentation des données de santé.
- Il existe peu d'approches combinatoires pour collecter facilement les préférences des utilisateurs dans le but d'optimiser la conception d'une interface-utilisateur face à un grand nombre de variables de conception. L'**algorithme génétique interactif** peut être une solution efficace pour explorer un espace de conception et relever des tendances de conception améliorant l'expérience-utilisateur dans un temps raisonnable (Partie 2.3.5).

- Les **différences individuelles** jouent un rôle important, que ce soit dans le domaine des émotions (Partie 2.2.3) et celui de l'interaction homme-ordinateur (Partie 2.3.4). L'influence des différences individuelles dans l'utilisation des services de santé à distance a peu été étudiée dans la littérature. En particulier, des comparaisons culturelles des interfaces de santé n'ont pas encore été réalisées.

CHAPITRE 3 :

REPONSES EMOTIONNELLES A LA CONSULTATION DE DONNEES DE SANTE

3.1 Introduction

Cette partie examine les émotions générées par la **consultation de données de santé** sur une interface. Bien que le contexte de la santé à distance n'ait que peu été traité, la bibliographie, dans le domaine de la santé (Partie 2.2.4) et dans celui de l'interaction homme-ordinateur (Partie 2.3.2), soutient l'hypothèse selon laquelle l'utilisation d'une interface de santé génère des charges émotionnelles. Afin d'étudier la présence d'une charge émotionnelle générée par la consultation de données de santé, et surtout d'en évaluer l'ampleur, nous avons comparé les réponses émotionnelles à la consultation des données de santé avec une **activité de référence « neutre »**. La consultation de données météorologiques a été utilisée comme condition de référence, sous l'hypothèse que cette activité courante n'entraîne pas de charge émotionnelle importante.

Une **expérimentation** a été mise en place, comparant 3 conditions (Figure 3-1) : la consultation des données de santé de l'utilisateur (DSU), la consultation des données de santé d'une autre personne (DSA) et la consultation de données météorologiques (DM). L'environnement de l'expérimentation visait à s'approcher d'un contexte de **domicile**.

Les **réponses émotionnelles** face aux trois types de données consultées ont été mesurées par trois méthodes : subjectives, comportementales et physiologiques. Afin d'étudier globalement les émotions, une approche dimensionnelle caractérisant les émotions par les dimensions de valence et d'activation a été privilégiée pour mesurer les émotions subjectives. Nous nous sommes aussi concentrés sur le stress perçu. Les réponses comportementales étaient basées sur la durée de visualisation des données et les réponses physiologiques sur les activités cardiaques et électrodermales des individus. Nous avons supposé que les réponses comportementales et physiologiques sont liées à des réactions émotionnelles et de stress.

L'influence des **caractéristiques de l'utilisateur** dans la façon dont ils consultent et réagissent face aux données a également été étudiée. Nous avons supposé que l'anxiété par rapport à la santé, les habitudes d'utilisation des outils de santé à distance, l'humeur et l'état d'anxiété pouvaient particulièrement impacter les réponses émotionnelles.

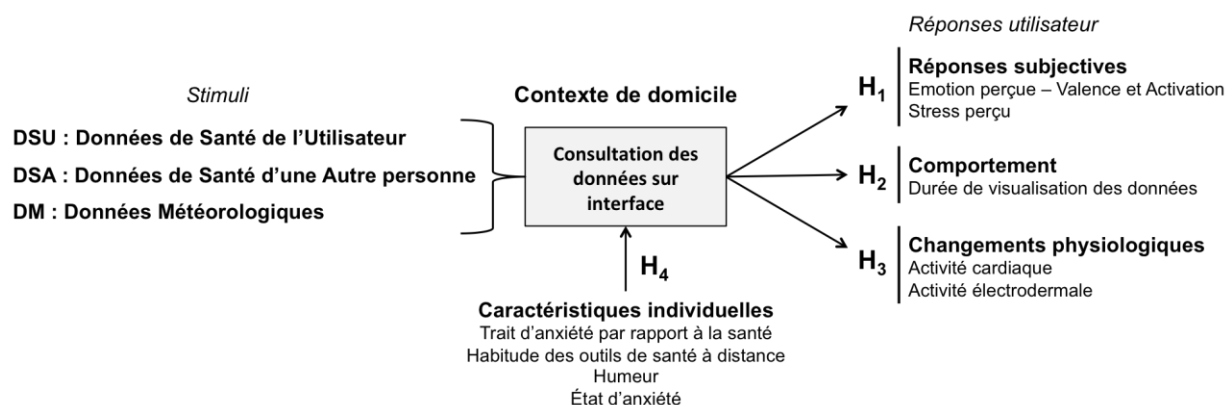


Figure 3-1 : Démarche de l'expérimentation

Par cette expérimentation, nous avons testé les hypothèses suivantes :

- H₁ : Les réponses subjectives des émotions et du stress diffèrent face aux consultations des DSU, DSA et DM.
- H₂ : Les réponses comportementales diffèrent face aux consultations des DSU, DSA et DM.
- H₃ : Les réponses physiologiques diffèrent face aux consultations des DSU, DSA et DM.
- H₄ : Les caractéristiques de l'utilisateur impactent les réponses émotionnelles.

3.2 Méthode expérimentale

3.2.1 Procédure expérimentale

L'**expérimentation** a été réalisée dans une salle expérimentale au Laboratoire des Sciences du Numériques de Nantes en France auprès de participants. La salle expérimentale était une pièce isolée, insonorisée et assombrie, pour s'apparenter à un contexte de domicile. L'expérience suivait un plan à mesures répétées : tous les participants ont effectué la même procédure expérimentale séparément, durant laquelle les trois conditions ont été testées : les consultations des données de santé utilisateur (DSU), des données de santé d'une autre personne (DSA) et des données météorologiques (DM). Les mêmes conditions ont été maintenues en termes d'emplacement, de décoration et de luminosité. Une séance de deux heures était réservée pour chaque participant.

L'expérience s'effectuait sur une **interface-utilisateur** représentant une application Smartphone ou un site Internet de santé. Un écran d'ordinateur de taille 27 pouces a été utilisé. L'interface a été conçue en langage PHP et lancée sur un serveur Web local Apache via le logiciel MAMP. La majorité des étapes de la procédure expérimentale a été codée sur l'interface de manière à ce que tous les participants soient guidés de la même façon. Les données, notamment les réponses aux questionnaires et la durée de visualisation des données, s'enregistraient dans une base de données MySQL.

Les **mesures physiologiques** des participants, plus précisément les activités cardiaques (ECG), électrodermales (EDA) et respiratoires (RSP), ont été mesurées en continu pendant les expériences. L'acquisition des données a été réalisée via les dispositifs de mesure portables BioNomadix et le système d'acquisition MP160 de BIOPAC (Figure 3-2). Les capteurs ECG étaient composés de trois électrodes placées sur la poitrine du participant. Les capteurs EDA comprenaient deux électrodes placées sur deux doigts de la main non-dominante. Le capteur RSP était une ceinture respiratoire placée autour de la poitrine. Le logiciel AcqKnowledge, installé sur l'ordinateur de l'expérimentateur, a été utilisé pour l'acquisition des mesures à une fréquence de 1 000 Hz. Ce logiciel permettait à l'expérimentateur de vérifier l'enregistrement des mesures en temps réel. Les signaux ECG et EDA ont été enregistrés pour collecter les réponses émotionnelles face à la consultation des données. La fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire et le niveau de conductance cutanée des participants pouvaient être transmis en temps réel à l'interface-utilisateur via la fonction *Network Data Transfer* (NDT) de AcqKnowledge par une connexion Ethernet. L'installation de l'expérimentation est représentée en Annexe A.1.

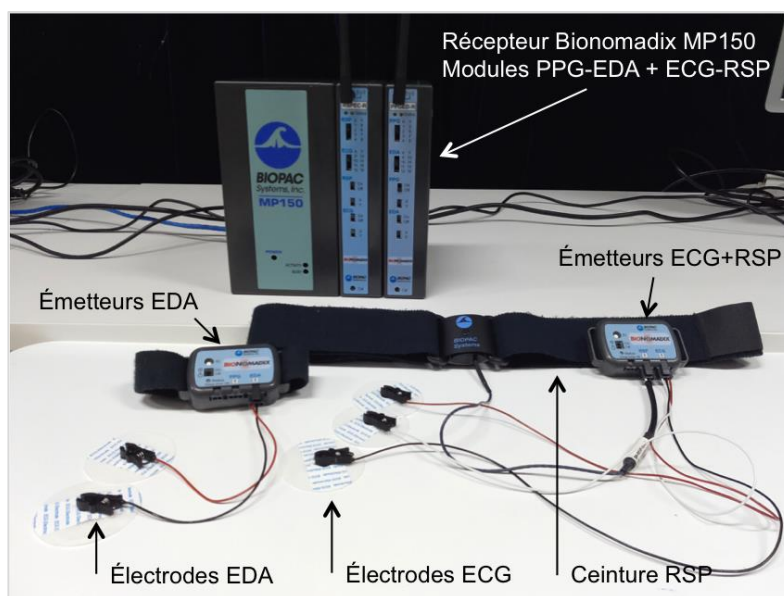


Figure 3-2 : Équipements sans fil BioNomadix de Biopac pour l'acquisition des mesures physiologiques

La **session principale** de l'expérimentation, d'une durée de 30 minutes, contenait les consultations des données (DSU, DSA et DM) ainsi que l'enregistrement des réponses émotionnelles. Pour s'apparenter à un contexte de santé à distance à domicile, la session principale se déroulait pendant la visualisation d'un **extrait de film** sur l'interface-utilisateur. Le film était un extrait du documentaire français Home (2009, Yann Arthus-Bertrand) abordant les thématiques de la planète, de l'environnement et de l'humanité. Nous supposons que la visualisation de cet extrait est d'une activité courante, ne générant pas de fortes charges émotionnelles, de manière à pouvoir détecter les réponses dues aux consultations des données.

Pendant la visualisation du film sur l'interface, à des temps programmés, mais non communiqués, les **données s'affichaient sur l'interface**, suspendant le film. Un type de donnée était consulté à la fois : soit une consultation DSU, une consultation DSA ou une consultation DM. Les participants ont consulté trois fois chaque type de données, pour un total de neuf consultations. Les participants n'avaient pas accès aux données en dehors des créneaux d'affichage dédiés. Les temps et l'ordre des consultations étaient les mêmes pour tous les participants (Figure 3-3). Chaque triplet consécutif de consultations contenait les trois types de données dans des ordres différents. De cette façon, nous nous sommes assurés que les trois types de données étaient consultés à des moments similaires au cours de la session principale, tout en rendant imprévisible le type de donnée affiché. Les intervalles de temps entre deux consultations de données étaient variables afin que les participants ne puissent pas prédire les temps des prochaines consultations. Un minimum de 2 minutes entre deux consultations était cependant imposé, durée pendant laquelle nous supposons que les participants revenaient à un état de repos.

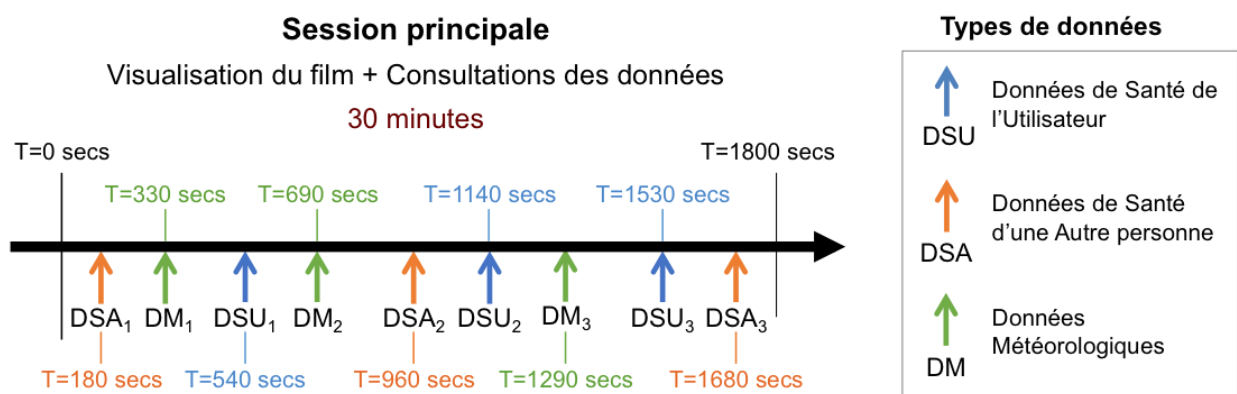


Figure 3-3 : Session principale de l'expérimentation : ordre et temps des consultations

Pour représenter un cas d'application réel d'un suivi de données de santé sur une application, une phase de **consultation** comprenait une réception d'une notification, pour engager les participants dans le processus de consultation, suivie de l'affichage des données.

La **notification** (exemple en Figure 3-4) se déclenchait sur l'interface pendant la visualisation du film sous la forme d'un message de 10 secondes. Le message demandait aux participants de surveiller les données. Par exemple, le message pouvait être : « Il est temps de vérifier vos données de santé » ou « Tenez-vous au courant de l'évolution de la météo à votre position ». La notification était accompagnée d'une alarme sonore de deux secondes. Un compte à rebours de cinq secondes prévenait de l'affichage des données pour limiter l'effet de surprise dû à l'affichage des données sur les réponses émotionnelles.

L'**affichage des données** s'effectuait ensuite automatiquement sur l'interface, suspendant le film. Les participants pouvaient visualiser les données le temps souhaité. Lorsque les participants finissaient de visualiser les données, ils cliquaient sur un bouton pour continuer à regarder le film. L'affichage de chaque type de données comprenait quatre éléments (exemples en Figure 3-5).



Figure 3-4 : Exemple d'une notification se déclenchant sur l'interface-utilisateur

Les **données de santé** étaient composées de mesures physiologiques : la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, la température corporelle et la conductance cutanée. Il s'agit de données physiologiques non associées à une maladie particulière, renseignant sur un état de santé général et couramment consultées dans le domaine de la santé et du bien-être à distance. Il s'agit également de données physiologiques facilement mesurables par les nombreux dispositifs de santé connectés existants. Les **données météorologiques** comprenaient la température extérieure, la probabilité de précipitation, l'humidité et la vitesse du vent. Il s'agit des quatre données météorologiques affichées par Google Météo et sur la plupart des sites météorologiques, tels que

meteofrance.com ou weather.com. Les données de santé et les données météorologiques ont été représentées avec la **même représentation** afin d'en limiter l'impact sur les différences des réponses émotionnelles. Les couleurs reposaient principalement sur du blanc et du bleu, des couleurs beaucoup utilisées dans les domaines de la santé et de la météo. Nous avons choisi des couleurs claires pour éviter les charges émotionnelles générées par des couleurs vives. Les symboles à gauche permettaient d'aider les utilisateurs à reconnaître la signification des données. Les flèches dans la partie droite indiquaient les variations des données lors de la dernière consultation pour aider les participants à suivre les données.

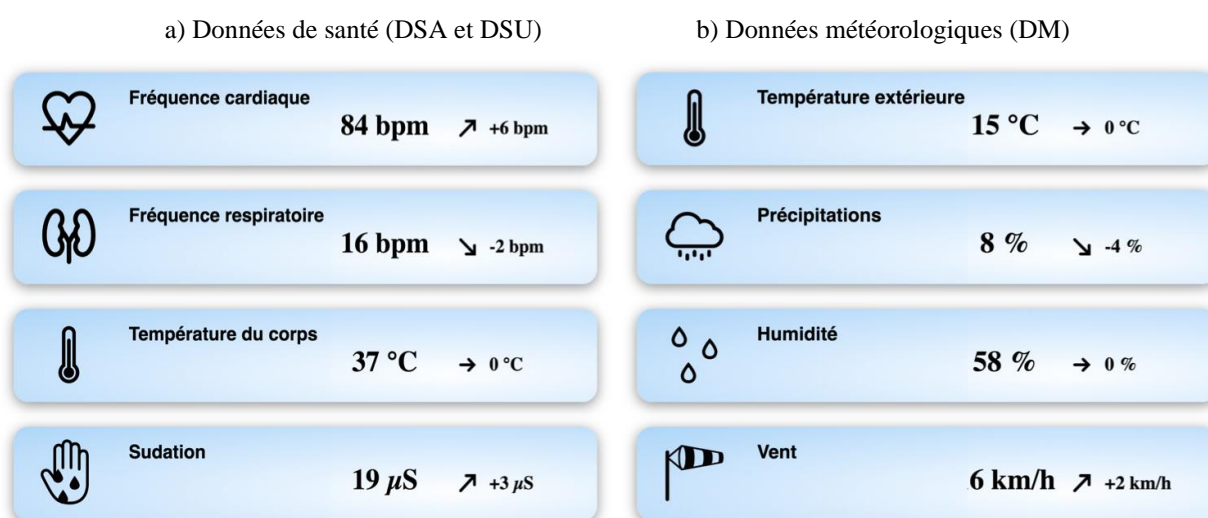


Figure 3-5 : Représentation des données de santé et météorologiques affichées sur l'interface

Les **mesures affichées** lors des consultations DSA et DM ont été programmées. Pour les **DSA**, il s'agissait des données physiologiques d'un individu ayant visualisé l'extrait de film en amont. Pour les **DM**, seules les variations des données ont été programmées. Il s'agissait de variations observées sur un intervalle de temps de 30 minutes. L'expérimentateur renseignait en amont de chaque passation auprès d'un participant les données météorologiques initiales réelles. De cette façon, les données visualisées par les participants lors des consultations DM étaient réalistes et tous les participants ont consulté les mêmes variations de données.

Les mesures de la fréquence cardiaque, de la fréquence respiratoire et de la conductance cutanée ont été affichées en temps réel lors des consultations **DSU** grâce aux capteurs de mesures physiologiques dont les participants étaient équipés et la fonction *Network Data Transfert* de AcqKnowledge. Les données affichées correspondaient aux mesures physiologiques des participants au moment de l'affichage des données et ne variaient pas pendant la phase de visualisation. La température corporelle des participants n'a pas pu être mesurée, faute d'équipement. Une température de 37 °C a été affichée tout au long de l'expérience.

L'ensemble de la **procédure expérimentale** est représenté en Figure 3-6. Avant de venir à l'expérience, les participants ont été informés du cadre global de l'expérience, de la procédure et des enregistrements de données, mais pas de l'objectif précis de la recherche.

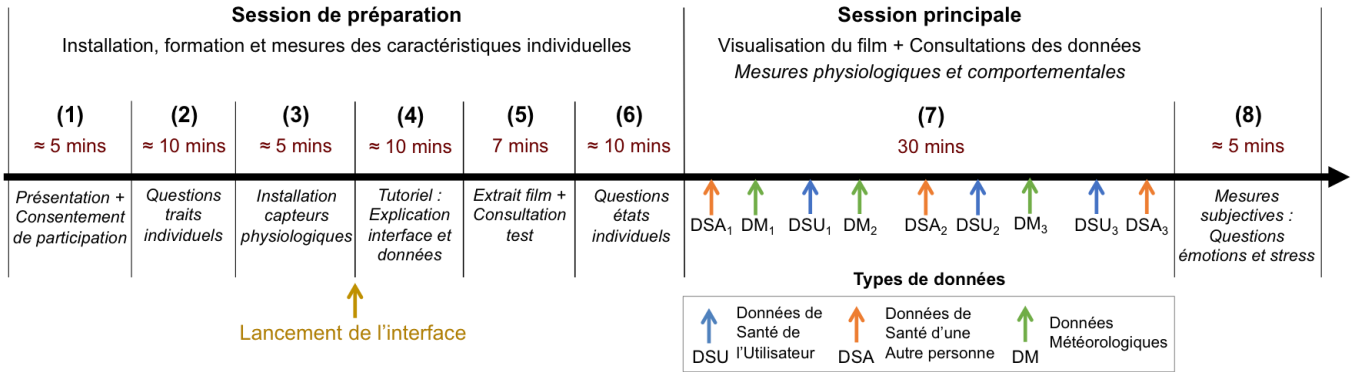


Figure 3-6 : Procédure expérimentale

La procédure commence par une **session de préparation**. Pendant cette étape :

- (1) L'expérimentateur explique brièvement l'expérience aux participants. Les participants signent ensuite un consentement de participation.
- (2) Les participants répondent à des questionnaires sous format papier (Annexe A.2) concernant leur anxiété par rapport à la santé et leurs habitudes dans l'utilisation des outils de santé à distance.
- (3) Les participants sont équipés des capteurs physiologiques par l'expérimentateur.

Les participants prennent ensuite place face à l'**interface-utilisateur**, où ils sont guidés étape par étape pour la suite de l'expérimentation. Ils peuvent néanmoins poser des questions à l'expérimentateur resté à côté. Les étapes suivantes s'y déroulent :

- (4) Une session de formation comprenant un tutoriel en plusieurs pages expliquant le fonctionnement de l'interface et la signification des données consultées (Annexe A.3) pour se familiariser avec l'interface.
- (5) Un extrait du film, de 7 minutes, durant lequel les participants consultent un type de donnée à un moment aléatoire. Cette phase permet aux participants de se familiariser avec la consultation des données et de se placer dans le contexte de la session principale.
- (6) Les questionnaires sur l'humeur et l'état d'anxiété (Annexe A.2). Les participants rapportent ainsi leur état dans le contexte de la session principale. Nous supposons que leurs états individuels sont restés identiques tout au long de l'expérience.

La **session principale** commence ensuite automatiquement, comprenant les consultations des données et l'enregistrement des réponses émotionnelles. Lors de cette session :

(7) Les participants continuent à regarder le film pendant 30 minutes, période entrecoupée pour les consultations des données. Les réponses physiologiques et comportementales sont enregistrées de manière permanente durant cette période.

(8) À la fin de la session principale, l'interface dirige les participants vers des questionnaires pour mesurer leurs états émotionnels et de stress subjectifs lorsqu'ils consultent chaque type de données.

3.2.2 Mesures

Les **caractéristiques individuelles** ont été mesurées à l'aide de questionnaires (Annexe A.2).

Les **traits et habitudes** ont été mesurés lors de la phase (2) de l'expérimentation par des questionnaires fournis aux participants sous format papier. Les participants devaient y répondre en se basant sur leurs impressions, sentiments et habitudes au cours des 6 derniers mois. Les caractéristiques suivantes ont été mesurées :

- Caractéristiques démographiques : âge, genre, nationalité et pays de résidence.
- Anxiété par rapport à la santé : les tendances des participants à s'inquiéter et à se préoccuper pour leur santé ont été évaluées avec la version courte du *Health Anxiety Inventory* [158, 159] de 14 items, qui a été traduit en français. Chaque item comprenait 4 phrases correspondant à des niveaux d'intensité. Par exemple, le premier item était : « (a) Je ne m'inquiète jamais pour ma santé, (b) Je m'inquiète parfois pour ma santé, (c) Je passe beaucoup de temps à m'inquiéter pour ma santé, (d) Je passe la plupart de mon temps à m'inquiéter pour ma santé ». Les participants devaient sélectionner la phrase les décrivant le mieux.
- Habitudes d'utilisation des outils de santé à distance : les expériences des participants dans la pratique de la santé à distance ont été mesurées. Deux questionnaires ont été élaborés (Tableau 3-1) : un concernant les habitudes d'utilisation de Smartphone et l'autre concernant les habitudes d'utilisation d'interface de santé. Ils étaient composés chacun de 7 items notés sur des échelles d'accord de Likert en 5 points.

Les **états individuels** ont été mesurés lors de la phase (6) avec les questionnaires suivants, fournis sur l'interface. Les participants devaient y répondre en se basant sur leur état actuel, au cours des dernières minutes.

- Humeur : l'approche dimensionnelle du modèle Circumplex de Russell [82] a été utilisée. Le questionnaire comprenait deux échelles en 10 points pour mesurer les dimensions de la valence et d'activation.

- État d'anxiété : la version courte du *State-Trait Anxiety Inventory* [157, 251], traduit en français, a été utilisée pour mesurer l'état l'inquiétude et d'appréhension actuelle, notamment lié au contexte de l'expérience. Il comprenait 6 items notés sur des échelles d'intensité de Likert en 5 points.

Habitudes d'utilisation de Smartphones

1. Je passe beaucoup de temps sur mon Smartphone ou ordinateur par rapport aux autres personnes.
2. J'utilise beaucoup d'applications sur mon Smartphone par rapport aux autres personnes.
3. Mon téléphone sonne souvent dans la journée à cause de mes notifications.
4. Quand des notifications se déclenchent, je vérifie immédiatement pourquoi.
5. J'aime utiliser régulièrement mes applications pour rester constamment connecté(e) au monde extérieur.
6. J'utilise régulièrement beaucoup d'applications pour suivre mes données personnelles.
7. J'active toujours les notifications de mes applications pour être constamment prévenu(e).

Habitudes d'utilisation d'interfaces de santé

1. Je me connecte régulièrement sur des sites internet pour suivre ma santé et mon bien-être.
2. J'utilise régulièrement des applications sur mon Smartphone pour suivre ma santé et mon bien-être.
3. Je suis rassurée de pouvoir vérifier à tout instant des données de santé sur des sites internet.
4. Il est essentiel pour moi de vérifier régulièrement des données de santé ou mon état de santé sur mes applications.
5. Mes applications de santé m'encouragent à améliorer et à faire attention à ma santé.
6. Je suis inquiet(e) à propos de ma santé lorsque je ne peux pas consulter mes informations de santé sur les sites Internet ou mes applications.
7. En général, je suis rassuré(e) à propos de ma santé grâce à mes applications de santé.

Tableau 3-1 : Questionnaire sur les habitudes d'utilisation des outils de santé à distance

Les **réponses subjectives** de l'émotion et du stress ressentis lors de la consultation des données ont été évaluées à l'aide de questionnaires fournis sur l'interface à la fin de la session principale, en phase (8). Les participants devaient répondre aux questionnaires pour chaque type de données consultées. A partir de la bibliographie (Partie 2.2.2), nous avons utilisé les questionnaires suivants (Figure 3-7) :

- Émotions perçues : les deux échelles des dimensions de valence et d'activation du *Self-Manikin Assessment (SAM)* [110] ont été utilisées pour mesurer les réponses émotionnelles globales. Les échelles représentent des personnages graphiques sur des échelles de 9 points.
- Stress perçu : 4 questions ont été élaborées, notées sur des échelles d'intensité en 5 points. Les questions proviennent du questionnaire *Stress Appraisal Measure* [115].

a) Dimensions de valence et d'activation des émotions perçues

LS2N Visualisez vos données
 Votre compte :

Lorsque vous consultiez vos données physiologiques :

Quel était votre niveau de plaisir ?

Très plaisant

Par exemple :
 amusé(e) - enchanté(e) -
 heureux(se) - relaxé(e) -
 reposé(e) - satisfant(e) -

Très déplaisant

Par exemple :
 - paniqué(e) - effrayé(e)
 - irrité(e) - abattu(e)
 - dégoûté(e) - peiné(e)

Quel était votre niveau d'excitation ?

Très forte intensité

Par exemple :
 enthousiaste - excité(e) -
 euphorique - agité(e) -
 effrayé(e) - enragé(e) -

Très faible intensité

Par exemple :
 - très calme - détendu(e)
 - relaxé(e) - ennuyé(e)
 - inactif(ve) - indifférent(e)

b) Stress perçu

LS2N Visualisez vos données
 Votre compte :

Lorsque vous consultiez vos données physiologiques :

	1	2	3	4	5
	Pas du tout	Légèrement	Moyennement	Beaucoup	Énormément
Dans quelle mesure cette situation me paraissait stressante ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que cette situation me faisait me sentir tendu(e)/crispé(e) ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que cette situation me paraissait inquiétante ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que cette situation me faisait me sentir anxieux/anxieuse ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figure 3-7 : Questionnaires mesurant les réponses subjectives à la consultation des données

Les **réponses comportementales** face aux consultations des données ont été étudiées en utilisant la durée de visualisation des données pour chaque consultation lors de la phase (7). La durée de visualisation correspondait à l'intervalle de temps entre l'affichage des données (programmé) et le moment où les participants cliquaient sur le bouton pour retourner voir le film.

Les **réponses physiologiques**, plus précisément les activités cardiaques (ECG) et électrodermales (EDA), ont été mesurées en phase (7) via les dispositifs de mesures physiologiques BIOPAC (Figure 3-2) dont étaient équipés les participants (présentés en Partie 3.2.1).

3.2.3 Participants

L'expérimentation s'est déroulée de mai à août 2019. Les participants ont été recrutés par des annonces mail au sein du Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes. Ils ont été informés de la durée de l'expérience, du contexte général et des mesures effectuées. Il était également demandé de ne pas souffrir de maladies cardiorespiratoires ou de vision, susceptibles de biaiser les mesures. **24 participants** volontaires ont pris part à l'expérimentation : 11 femmes et 13 hommes, âgés de 23 à 85 ans et de trois nationalités différentes : française, indienne et portugaise. Les caractéristiques mesurées des participants sont en Tableau 3-2.

	Min	Max	Moyenne	Médiane	Ecart-type
Âge	23	85	43,71	39	19,29
Genre	11 Femmes - 13 Hommes				
Nationalité	22 France – 1 Inde – 1 Portugal				
Pays de résidence	24 France				
Anxiété par rapport à la santé (4 : Pas d'anxiété du tout – 56 : Très forte anxiété)	17	45	25,67	24,5	6,15
Habitudes d'utilisation de Smartphone (7 : Pas d'utilisation du tout – 35 : Très forte utilisation)	7	28	17,83	18	5,99
Habitudes d'utilisation d'interfaces de santé (7 : Pas d'utilisation du tout – 35 : Très forte utilisation)	7	22	13,42	13,5	4,50
Humeur – Valence (0 : Très négative – 10 Très positive)	4	10	7,42	8	1,44
Humeur – Activation (0 : Très faible intensité – 10 : Très forte intensité)	0	8	3,5	3	2,08
État d'anxiété (6 : Pas d'anxiété – 30 : Très forte anxiété)	6	13	8,83	9	1,97

Tableau 3-2 : Caractéristiques individuelles des participants

3.2.4 Traitement des données physiologiques

Dans un premier temps, les **signaux ECG et EDA** recueillis lors des expérimentations ont été traités sur le logiciel AcqKnowledge. Les signaux ECG ont été filtrés avec un filtre passe-bande 0,5-35Hz pour réduire les bruits. Les bruits plus importants, principalement dus à l'enregistrement ou à des mouvements brusques des participants, ont été visuellement identifiés en créant le tachogramme des signaux, puis manuellement corrigés [252]. Les intervalles de temps entre deux battements cardiaques (intervalles NN) ont été extraits dans un fichier .csv. Les signaux de l'activité phasique ont été obtenus à partir des signaux EDA en utilisant un filtre

passé-haut avec une fréquence de coupure de 0,05 Hz. Les réponses électrodermales (SCR) au-dessus d'un seuil de 0,02µS ont été détectées (Figure 3-9). L'activité phasique et les temps des SCR ont été extraits avec une fréquence de 31,250 Hz dans un fichier .csv.

Pour analyser les signaux ECG et EDA, nous avons utilisé la liste des **indicateurs** établie en bibliographie (Partie 2.2.2, Tableau 2-2), indicateurs utilisés dans la littérature pour mesurer des états émotionnels ou de stress. Dans cette liste, SD1 et SDSA ainsi que LFnu et HFnu ont une relation linéaire, fournissant des résultats de même comportement. Seuls SD1 et LFnu ont été conservés. Le logarithme a été utilisé, comme préconisé par certains auteurs dans la littérature, afin de normaliser certains indicateurs. Les indicateurs utilisés sont en Tableau 3-3.

Les **indicateurs ECG** reposent sur la fréquence cardiaque (HR) et la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV). Certains reflètent l'activité parasympathique (SNP) du système nerveux autonome qui s'active lors des situations de repos et de baisse de l'activation. D'autres reflètent l'activité sympathique (SNS) qui s'active dans des situations d'alarme et d'activation. Ces relations sont précisées dans le Tableau 3-3. Les indicateurs varient en fonction des activités des SNS et SNP, permettant d'évaluer si l'activation physiologique augmente ou diminue chez les individus. Les sens de variation des indicateurs en cas d'éveil physiologique, c'est-à-dire lorsque le SNS s'active et/ou le SNP s'inhibe, sont notés dans le Tableau 3-3. Il est important de noter qu'il s'agit de tendances, la balance des activités des SNS et SNP étant très complexe.

Les indicateurs HRV dans le **domaine temporel** quantifient la variabilité des intervalles de temps entre deux battements cardiaques (Figure 3-8). Par exemple, l'indicateur le plus connu est SDNN, reflétant l'écart-type entre les intervalles NN. Ces indicateurs reflètent principalement le SNP et diminuent lorsque la HRV s'abaisse. Une diminution de la HRV signifie que l'activation physiologique augmente, pouvant être interprétée comme une perte de la flexibilité du système parasympathique. Les indicateurs SDNN, IRNN, TINN et HRVi sont calculés via l'ensemble des intervalles NN. SDSA, rMSSD, pNN50 et MADNN sont calculés à partir de la différence entre les intervalles NN successifs, reflétant les changements de battement à battement. Nous notons :

- K : le nombre de battement cardiaque dans la fenêtre de mesure,
- NN_i : l'intervalle de temps entre deux battements cardiaques.

$$(1) \quad SDNN = \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{i=1}^{K-1} (NN_i - \overline{NN})^2}$$

$$(3) \quad rMSSD = \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{i=1}^{K-1} (NN_{i+1} - NN_i)^2}$$

$$(4) \quad pNNx = \frac{\text{count}(|NN_{i+1} - NN_i| > xms)}{K-1} \times 100$$

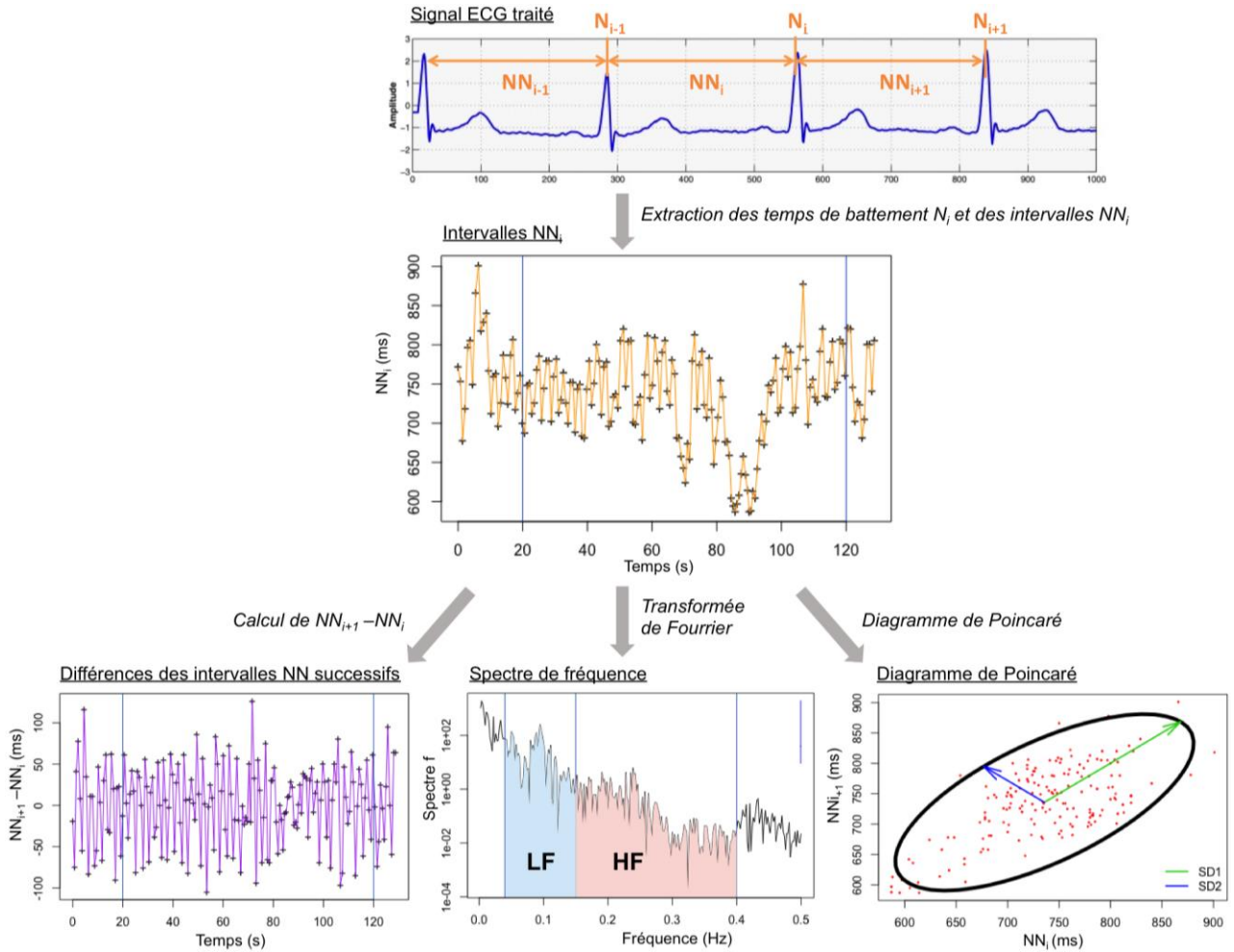


Figure 3-8 : Procédure et graphiques utilisés pour le calcul des indicateurs ECG

Les indicateurs HRV dans le **domaine fréquentiel** évaluent la distribution en basse fréquence LF (0,04-0,15 Hz) et en haute fréquence HF (0,15-0,40 Hz) des intervalles NN. HF est une mesure de l'activité du SNP et LF reflète l'activité du SNS. Ils sont calculés à partir du spectre de fréquence, notée f , qui peut être obtenu par transformée de Fourier (Figure 3-8) :

$$(8) \quad LF = \int_{0.04Hz}^{0.15Hz} f(\lambda) d\lambda$$

$$(9) \quad HF = \int_{0.15Hz}^{0.40Hz} f(\lambda) d\lambda$$

$$(10) \quad LF(n.u.) = \frac{LF}{HF + LF}$$

Les indicateurs HRV dans le **domaine non-linéaire** permettent de quantifier l'imprévisibilité d'une série temporelle. S, SD1 et SD2 sont basés sur le diagramme de Poincaré : une représentation graphique où chaque point renseigne un intervalle NN_i en abscisse et l'intervalle suivant NN_{i+1} en ordonnée. La dispersion des points est caractérisée par SD1 et SD2, et représentée selon deux axes orthogonaux (Figure 3-8). SD1 reflète l'activité du SNP et SD2 l'activité du SNS. Les formules suivantes permettent également de les calculer :

$$(5) \quad SD1^2 = \frac{1}{2} S D S D^2 \quad (6) \quad SD2^2 = 2.SDNN^2 - \frac{1}{2} S D S D^2 \quad (7) \quad S = \pi.SD1.SD2$$

Indicateurs	Définitions	Reflétant l'activité du SNS et/ou SNP	Sens de variation si activation	Substitut	
Indicateurs ECG					
Indicateurs HR					
MΔ Ln	MeanNN	Moyenne des intervalles NN	SNS-SNP	↓	
MΔ Ln	MinNN	Minimum des intervalles NN	SNS-SNP	↓	MΔ Ln MeanNN
MΔ Ln	MaxNN	Maximum des intervalles NN	SNS-SNP	↓	
Indicateurs HRV					
Domaine temporel					
MΔ Ln	Max-MinNN	Différence entre le maximum et le minium des intervalles NN	SNP	↓	
MΔ Ln	SDNN	Écart-type de tous les intervalles NN	SNP	↓	MΔ Ln Max-MinNN
MΔ Ln	rMSSD	Moyenne quadratique de la différence entre les intervalles NN successifs	SNP	↓	
MΔ	pNNx	Pourcentage d'intervalles NN avec une différence successive > à X ms (x=50, 30, 20, 5)	SNP	↓	
MΔ Ln	IRNN	Différence entre le troisième et le premier quartile des intervalles NN	SNP	↓	MΔ Ln Max-MinNN
MΔ Ln	MADNN	Médiane des différences absolues entre les intervalles NN successifs	SNP	↓	
MΔ Ln	TINN	Longueur de base de l'histogramme affichant des intervalles NN	SNP	↓	
MΔ Ln	HRVi	Intégrale de l'histogramme des intervalles NN divisé par son maximum	SNP	↓	MΔ Ln TINN
Domaine fréquentiel					
MΔ Ln	LF	Densité spectrale en basse fréquence (0.04-0.15 Hz)	SNS	↑	
MΔ Ln	HF	Densité spectrale en haute fréquence (0.15-0.40 Hz)	SNP	↓	
MΔ Ln	LFnu	Densité relative de la basse fréquence (0.04-0.15 Hz) : LF/(LF+HF)	SNS-SNP	↑	
MΔ Ln	LF/HF	Rapport entre LF et HF	SNS-SNP	↑	MΔ Ln LFnu
Domaine non-linéaire					
MΔ Ln	SD1	Écart-type selon l'axe x=y du diagramme de Poincaré	SNP	↓	MΔ Ln rMSSD
MΔ Ln	SD2	Écart-type selon l'axe perpendiculaire à x=y du diagramme de Poincaré	SNS	↑	MΔ Ln Max-MinNN
MΔ Ln	SD1/SD2	Rapport entre SD2 et SD1	SNS-SNP	↑	
MΔ Ln	S	Surface du diagramme de Poincaré	SNS-SNP	↑	MΔ Ln Max-MinNN
Indicateurs EDA – Activité phasique					
MΔ	MeanPHA	Moyenne de l'activité phasique	SNP	↑	
MΔ	IntegralPHA	Intégral de l'activité phasique	SNP	↑	MΔ MeanPHA
MΔ	MaxPHA	Maximum de l'activité phasique	SNP	↑	
MΔ	NbSCR	Nombre de SCR	SNP	↑	
MΔ	SumAmpSCR	Somme des amplitudes des SCR	SNP	↑	

Tableau 3-3 : Liste des indicateurs ECG et EDA utilisés pour l'analyse des réponses physiologiques

Indicateurs ne présentant pas de relations linéaires deux à deux –

NN : intervalle de temps entre deux battements cardiaques, SCR : réponses électrodermales, SNS : système nerveux sympathique, SNP : système nerveux parasympathique –

Substitut : indicateur associé en cas de forte corrélation (s>0,80)

Les **indicateurs EDA** sont basés sur l'activité phasique (PHA) et les réponses électrodermales (SCR). La Figure 3-9 représente des exemples de ces signaux obtenus à partir d'un signal EDA traité sur Acqknowledge.

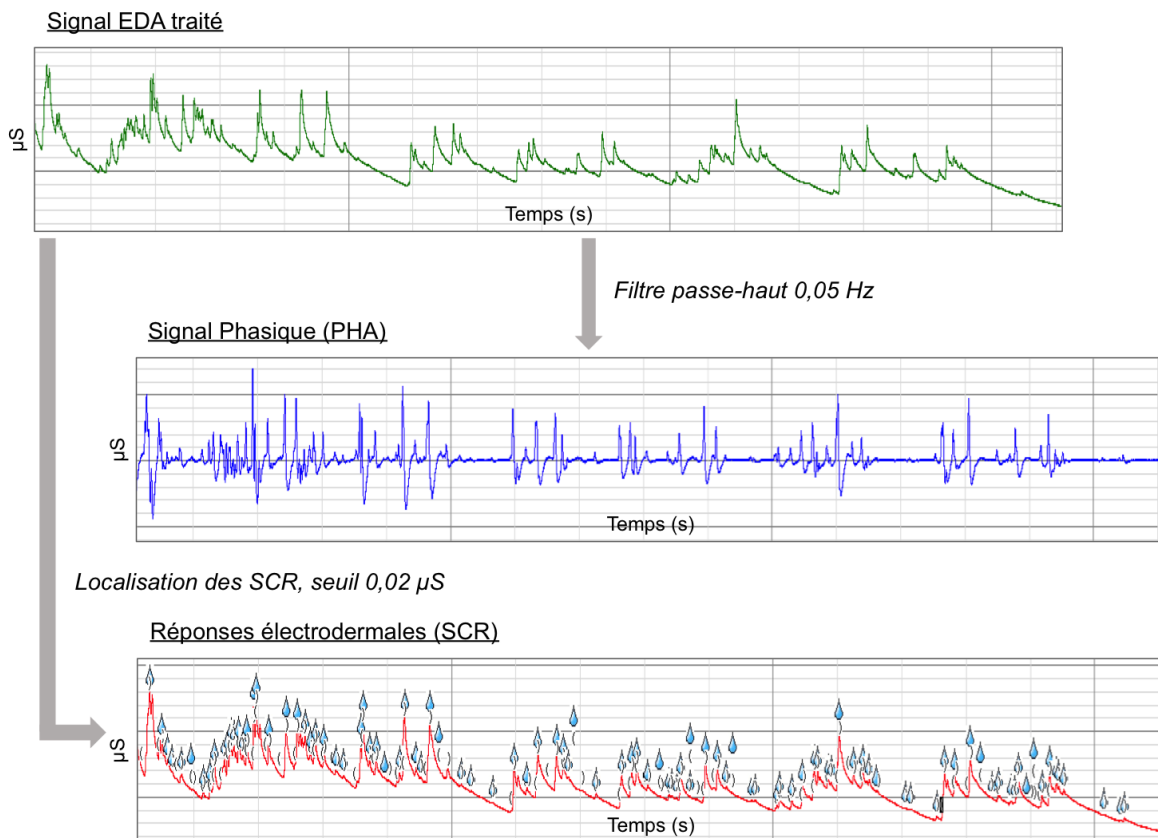


Figure 3-9 : Signaux de l'activité phasique (PHA) et des réponses électrodermales (SCR) établis à partir d'un signal EDA sur AcqKnowledge

Tous ces indicateurs sont calculés dans Rstudio en utilisant les données extraites dans des fichiers .csv après le traitement des signaux sur AcqKnowledge. Le package open source RHRV [253] a été utilisé pour calculer la plupart des indicateurs ECG. Nous avons créé les fonctions pour le calcul des autres indicateurs ECG et EDA.

Les **corrélations** entre tous les indicateurs deux à deux ont été mesurées avec le coefficient de corrélation de Spearman. Les indicateurs fortement corrélés fourniront des résultats similaires lors de l'analyse statistique. Lorsque de fortes corrélations ont été observées ($s > 0,80$) entre plusieurs indicateurs, nous avons sélectionné un indicateur comme substitut des autres. Les indicateurs qui ont été remplacés par un indicateur de substitution ont été grisés dans le Tableau 3-3, portant la liste à 14 indicateurs ECG et 4 indicateurs EDA.

Les indicateurs ont été calculés sur des **fenêtres de mesure ultra-courtes**. Cinq tailles de fenêtre ont été considérées, FT : 10, 15, 20, 25 et 30 secondes. Nous avons aussi positionné plusieurs fenêtres à différents moments au cours des consultations, en posant quatre temps de démarrage des fenêtres, FD : 0, 5, 10 et 15 secondes, correspondant à l'intervalle de temps entre le déclenchement de la notification (t) et le début de la fenêtre de mesure. Pour chaque consultation, tous les indicateurs ont donc été calculés sur 20 fenêtres de mesure (5 durées x 4 positions).

Nous avons calculé les variations des indicateurs Δ **Indicateur** (D_i , FD , FT) pendant une consultation D_i comparées à une phase de repos pour une fenêtre de mesure (FD , FT).

Pour cela, nous posons :

- D : type de données (D=DSU, DSA ou DM),
- i : numéro d'affichage des données pour un type de données D (i =1, 2 ou 3),
- FD : temps de démarrage de la fenêtre (FD = 0, 5, 10, 15 secondes) et
- FT : taille de la fenêtre (FT = 10, 15, 20, 25, 30 secondes)

Nous notons également (voir sur Figure 3-10):

- $Indicateur_Stimulus(D_i, FD, FT)$: valeur de l'indicateur pendant la consultation des données D_i sur une fenêtre de mesure (FD , FT).
- $Indicateur_Baseline(D_i, FT)$: valeur de l'indicateur pendant la phase de repos précédent la consultation des données D_i sur une fenêtre de mesure de taille FT .

$$(1) \Delta \text{Indicateur} (D_i, FD, FT) = \text{Indicateur_Stimulus}(D_i, FD, FT) - \text{Indicateur_Baseline}(D_i, FT)$$

En particulier, pour les indicateurs logarithmiques :

$$(2) \Delta \text{Ln Indicateur} (D_i, FD, FT) \\ = \text{Ln} (\text{Indicateur_Stimulus}(D_i, FD, FT) / \text{Indicateur_Baseline}(D_i, FT))$$

Les moyennes pour chaque type de données ont ensuite été calculées :

$$(3) M\Delta \text{Indicateur} (D, FD, FT) \\ = (\Delta \text{Indicateur} (D_1, FD, FT) + \Delta \text{Indicateur} (D_2, FD, FT) + \Delta \text{Indicateur} (D_3, FD, FT)) / 3$$

$M\Delta$ Indicateur représente les variations physiologiques induites par les consultations des données. Il permet également de limiter l'effet du film sur les réponses physiologiques. En particulier, il est intéressant de comparer $M\Delta$ Indicateur par rapport à zéro, montrant le sens de variation des indicateurs lors des consultations ($Indicateur_Stimulus$) par rapport à la phase de repos ($Indicateur_Baseline$). Une valeur positive signifie que l'indicateur a augmenté lors des consultations, et une valeur négative signifie qu'il a diminué.

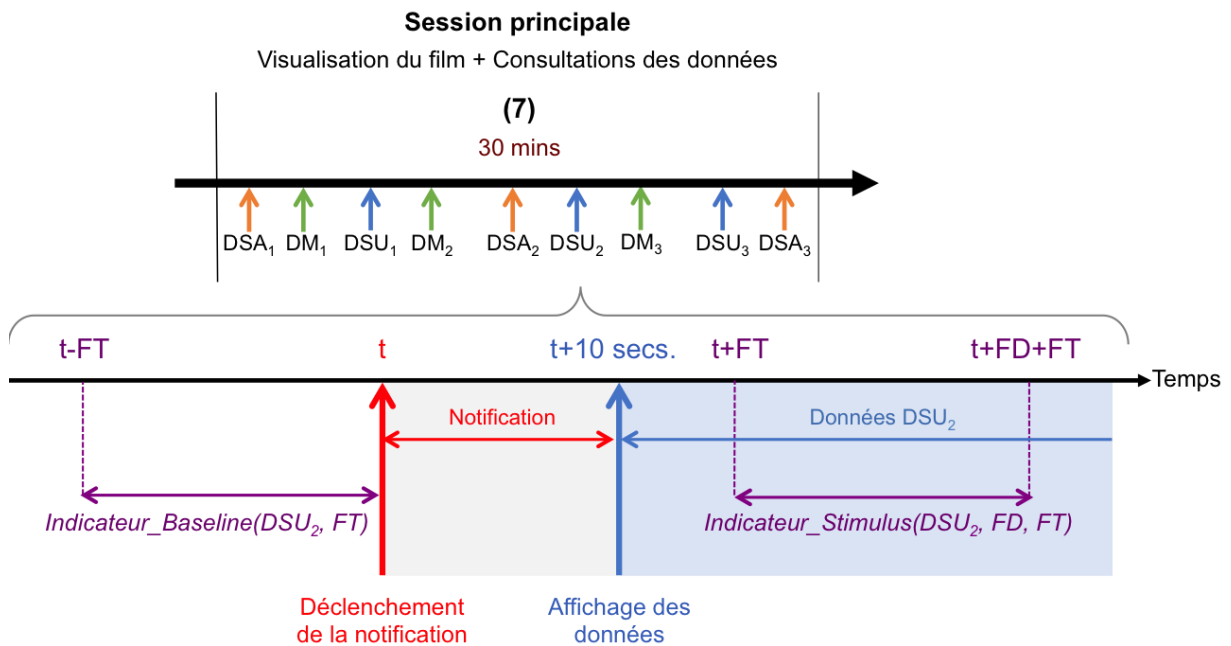


Figure 3-10 : Représentation des fenêtres de mesure utilisées lors d'un processus de consultation
Exemple sur la consultation de données DSU₂

Les **évolutions** lors des consultations de certains indicateurs *MA Indicateur*, utilisés dans la suite de l'analyse, sont représentées sur la Figure 3-11, mettant en évidence les effets des consultations sur l'activité cardiaque des participants. Nous notons que pour la plupart des indicateurs, les courbes pour les consultations DSA et DM sont très proches, comparées aux courbes des consultations DSU. Les principaux changements cardiaques dus aux consultations semblent disparaître après une minute.

En particulier, l'indicateur MeanNN représente la durée des intervalles NN et est inversement proportionnel à la fréquence cardiaque. Il devient négatif lors des consultations, signifiant que la durée des intervalles NN diminue et que la fréquence cardiaque augmente. MeanNN a plutôt tendance à diminuer lors d'un éveil physiologique (cf. Tableau 3-3), signifiant que l'activation physiologique des participants a augmenté lors des consultations. L'activation physiologique semble avoir augmenté davantage lors des consultations DSA et DM, que lors des consultations DSU.

Les autres indicateurs, MaxNN, relatif à la fréquence cardiaque, et Max-MinNN, pNNx, TINN et MADNN, relatifs à la variabilité de la fréquence cardiaque, semblent augmenter lors des consultations. Ces indicateurs ont plutôt tendance à augmenter lors d'une baisse de l'éveil physiologique (cf. Tableau 3-3), signifiant que l'activation physiologique des participants a diminué lors des consultations. L'activation physiologique semble avoir diminué davantage lors des consultations DSU que lors des consultations DSA et DM.



Figure 3-11 : Évolution d'indicateurs ECG lors des consultations de données

Moyenne pour tous les participants – Indicateurs calculés sur des fenêtres glissantes de taille 15 secondes avec un pas de 1 seconde – DSU : Données de santé utilisateur, DSA : données de santé d'une autre personne, DM : données météorologiques

3.2.5 Analyse statistique

Une **analyse statistique** a été menée afin de tester nos hypothèses H_1 , H_2 et H_3 , supposant qu'il existe des différences de réponses émotionnelles subjectives, comportementales et physiologiques face aux trois types de données consultées. Les données collectées sont appariées : tous les participants ont effectué les trois conditions expérimentales dans les mêmes conditions. En raison du nombre relativement faible de participants, nous supposons que nos données ne sont pas paramétriques. Nous avons donc réalisé le test statistique non-paramétrique de **Friedman** et le test post-hoc de **Nemenyi** avec un niveau de significativité de 0,05. La taille de l'effet du test de Friedman a été estimée avec le coefficient de concordance de **Kendall (W)**.

3.3 Résultats

3.3.1 Les réponses collectées

Les réponses émotionnelles aux trois types données consultées ont été recueillies lors des expérimentations. Certains enregistrements n'ont pas été retenus en raison d'erreurs ou de bruits trop importants. Les valeurs aberrantes dues à des erreurs ont été corrigées. Les réponses subjectives ont été collectées pour l'ensemble des 24 participants et les réponses comportementales pour 19 participants. Selon la procédure de la Partie 3.2.4, les indicateurs ECG ont été collectés pour les 24 participants et les indicateurs EDA pour 15 participants.

3.3.2 Les réponses subjectives

Les **réponses subjectives**, concernant les niveaux de valence émotionnelle, d'activation émotionnelle et de stress perçus par les participants face aux trois types de données consultées, sont représentées sous forme de diagramme en boîte en Figure 3-12. Ces diagrammes permettent de comparer les réponses aux trois types de données consultées en mettant en évidence les médianes, la dispersion et l'étendue des réponses. Nous notons que les médianes de valence émotionnelle, d'activation émotionnelle et de stress semblent plus élevées pour les consultations DSU, comparées aux consultations DSA et DM. La dispersion entre les participants vis-à-vis du stress vécu semble grandement plus importante pour les consultations DSU.

L'**analyse statistique** a été effectuée sur ces réponses (Figure 3-12). Concernant les **émotions perçues**, nous n'avons trouvé aucune différence significative dans la valence émotionnelle entre les trois types de données consultées. Une différence significative dans l'activation émotionnelle a été trouvée entre les trois types de données consultées. Cependant, les

tests post-hoc ne soulèvent pas de différences dans les comparaisons deux à deux, même si l'activation émotionnelle est presque significativement plus intense lors des consultations DSU que lors des consultations DM ($p=0.055$). Les participants semblent ainsi avoir vécu les consultations des trois types de données avec la même expérience émotionnelle générale.

En se concentrant le **stress perçu**, le test de Friedman montre que le stress subjectif diffère significativement entre les trois types de données consultées ($p=0,013^*$). Les tests post-hoc montrent que le stress subjectif est significativement plus élevé lors des consultations DSU comparées aux consultations DM ($p<0,01^{**}$). Les participants ont ainsi vécu les consultations des données de santé utilisateur comme plus stressantes que les consultations des données météorologiques.

3.3.3 Les réponses comportementales

Les réponses comportementales, soit la **durée de visualisation des données**, sont représentées sur la Figure 3-12. En moyenne, les participants ont consulté plus longtemps les DSU, puis les DSA et les DM. Le test de Friedman montre que la durée de visualisation des données diffère significativement entre les trois types de données consultées ($p=9.10^{-4}***$). Les tests post-hoc rapportent des différences significatives entre les consultations DSU avec les consultations DSA ($p<0,001^{**}$) et DM ($p<0,001^{**}$). Les participants ont ainsi passé plus de temps à visualiser leurs données de santé que les données de santé d'une autre personne et les données météorologiques.

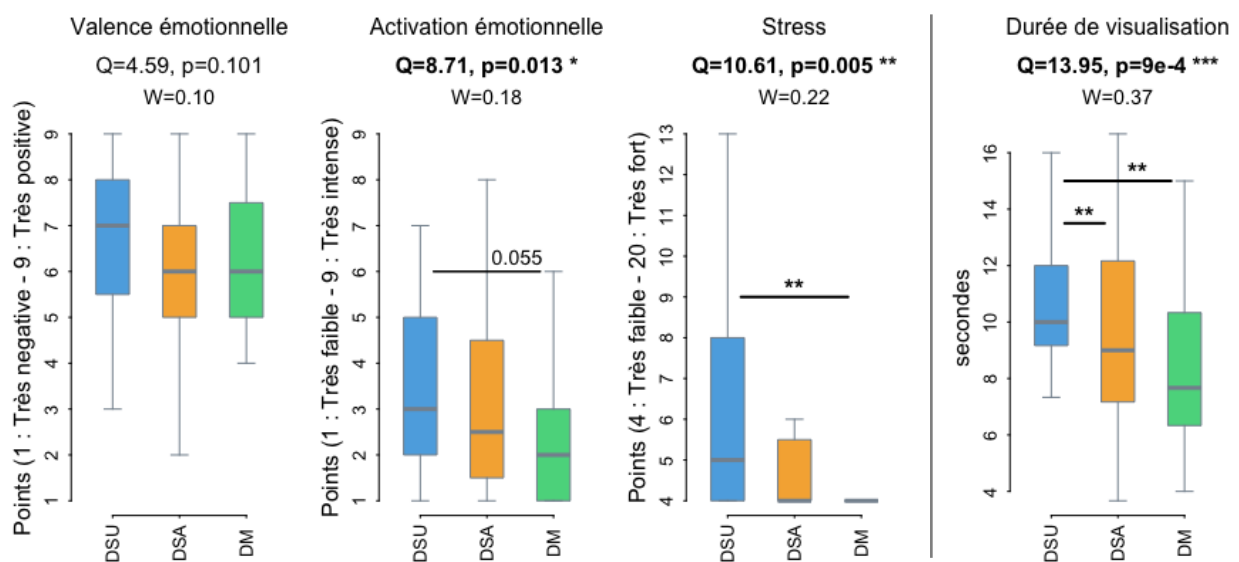


Figure 3-12 : Résultats statistiques des réponses subjectives et comportementales

Diagrammes en boîte, tests de Friedman (Q), tests post-hoc de Nemenyi (***) $p<0,001$, ** $p<0,01$) et coefficients de Kendall (W) – DSU : données de santé de l'utilisateur, DSA : données de santé d'une autre personne, DM : données météorologiques

3.3.4 Les réponses physiologiques

L'analyse statistique a été réalisée sur les indicateurs ECG et EDA retenus en Partie 3.2.4 (Tableau 3-3), sur les 5 tailles de fenêtres (FT = 10, 15, 20, 25, 30 secondes) et le long des 4 fenêtres glissantes (FD = 0, 5, 10, 15 secondes). Les résultats sont en Annexe A.4.

Concernant l'**activité cardiaque**, sur les 14 indicateurs ECG retenus, 12 (tous sauf pNN50 et LFn_u) montre des différences significatives par le test statistique de Friedman entre les trois types de données consultées sur au moins une fenêtre de mesure. Les tests post-hoc montrent des différences significatives entre les consultations DSU avec les consultations DSA et DM. Aucune différence significative n'a été trouvée entre les consultations DSA et DM.

La **taille des fenêtres de mesure (FT)** est un paramètre important dans l'analyse des réponses. Une fenêtre trop courte peut ne pas capturer toutes les informations et une fenêtre trop grande peut atténuer les changements physiologiques dus aux stimuli. Avec les résultats statistiques de l'Annexe A.4, nous remarquons que les différences significatives s'atténuent sur les fenêtres supérieures à 20 secondes, signifiant que le type de données consultées a un effet sur l'activité cardiaque sur une plage de temps entre 10 et 20 secondes.

Indicateur ECG	Taille de fenêtre de mesure (FT)					Taille de fenêtre *
	10 secs	15 secs	20 secs	25 secs	30 secs	
MΔ Ln MeanNN	4.25	5.00	5.2	3.63	2.15	20 secs.
MΔ Ln MaxNN	5.13	7.83	7.08	1.48	1.06	15 secs.
MΔ Ln Max-MinNN	8.48	5.77	2.90	1.29	0.81	10 secs.
MΔ Ln rMSSD	2.83	3.90	2.71	0.88	0.48	15 secs.
MΔ pNN50	0.51	1.15	1.53	1.13	0.39	20 secs.
MΔ pNN30	3.48	7.54	5.91	6.33	4.58	15 secs.
MΔ pNN20	7.40	8.06	7.46	4.67	4.50	15 secs.
MΔ pNN05	7.04	6.21	8.52	4.25	5.48	20 secs.
MΔ Ln MADNN	3.94	4.71	5.19	3.21	2.54	20 secs.
MΔ Ln TINN	1.98	4.28	3.31	1.63	3.15	15 secs.
MΔ Ln LF	7.17	3.13	1.83	2.38	1.81	10 secs.
MΔ Ln HF	2.06	2.94	5.75	6.27	2.00	25 secs.
MΔ Ln LFn _u	4.52	0.81	0.65	1.58	2.21	10 secs.
MΔ Ln SD1/SD2	4.10	1.17	0.88	0.56	1.23	10 secs.

Tableau 3-4 : Moyenne de la statistique de Friedman Q sur les 4 fenêtres glissantes par taille de fenêtre

* Taille de fenêtre reflétant les différences les plus importantes dans les réponses face aux trois types de données consultées.

Nous avons cherché à déterminer la taille de fenêtre reflétant les différences les plus importantes dans les réponses aux trois types de données consultées. Nous avons utilisé la statistique Q du test de Friedman représentant dans quelle mesure les rangs moyens des indicateurs diffèrent entre les trois types de données. Pour chaque indicateur ECG et pour chaque taille de fenêtre (FT=10, 15, 20, 25 et 30 secondes), la moyenne de Q sur les 4 fenêtres glissantes a été calculée (Tableau 3-4). Nous considérons que la taille de fenêtre (FT) avec un Q moyen le plus important reflète les différences les plus importantes dans les réponses aux trois types de données consultées.

En raison du nombre élevé de résultats, nous avons fixé une taille de fenêtre **FT=15 secondes** et analysé les réponses ECG le long des 4 fenêtres glissantes FD=0, 5, 10 et 15 secondes. L'analyse statistique révèle des différences significatives entre les trois types de données consultées pour 8 indicateurs sur au moins une fenêtre glissante. Ces résultats sont représentés en Figure 3-13. La Figure 3-11 montre aussi l'évolution de ces indicateurs lors des consultations.

L'indicateur MeanNN montre une différence significative entre les trois types de données consultées sur la fenêtre glissante FD=5 secondes ($p=0.048^*$). MeanNN diminue lors des consultations et diminue davantage lors des consultations DSA que lors des consultations DSU ($p<0.01^*$). Les consultations DSA ont ainsi provoqué une augmentation de l'éveil physiologique (cf. Tableau 3-3) plus importante que les consultations DSU. Concernant cet indicateur, les consultations DSU semblent donc avoir restreint l'activation physiologique des participants.

Les autres indicateurs, MaxNN, Max-MinNN, pNNx, TINN et MADNN, montrent des différences significatives entre les consultations DSU et les consultations DSA et DM sur différentes fenêtres glissantes. Ces indicateurs augmentent toujours lors des consultations DSU. Ils augmentent davantage lors des consultations DSU que lors des consultations DSA et DM, lors desquelles ils augmentent aussi dans une moindre mesure dans certains cas et diminuent dans d'autres. Les consultations DSU ont donc provoqué une baisse de l'activation physiologique (cf. Tableau 3-3) plus importante que les consultations DSA et DM. Concernant ces indicateurs, les consultations DSU semblent donc avoir fait diminuer l'éveil physiologique des participants.

Ces résultats montrent que le type de données consultées a impacté l'activité cardiaque de différentes manières et à différents moments du processus de consultation, s'expliquant par la signification des indicateurs ECG caractérisant différents aspects de l'activité cardiaque. Les résultats semblent néanmoins en accord sur le fait que les consultations des données de santé de l'utilisateur ont eu tendance à **limiter ou à faire baisser l'éveil physiologique** des participants, comparées aux autres types de consultations.

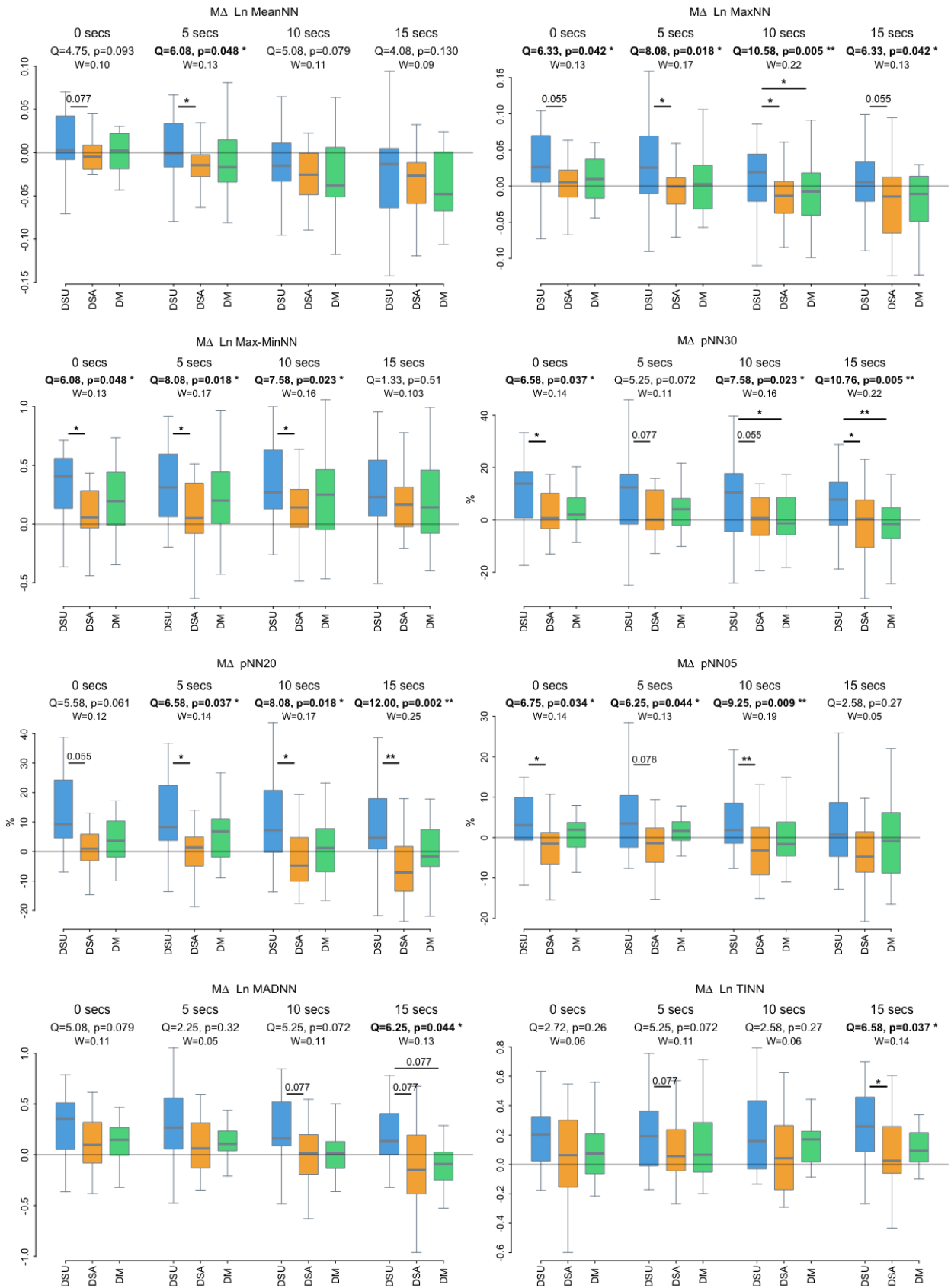


Figure 3-13 : Résultats statistiques des réponses physiologiques ECG

Indicateurs montrant des différences significatives entre les trois données consultées pour une fenêtre de mesure de taille FT=15 secs, le long des quatre fenêtre glissantes FD = 0, 5, 10, 15 secondes – Diagrammes en boîte, tests de Friedman (Q), tests post-hoc de Nemenyi (** p<0,01, * p<0,05) et coefficients de Kendall (W)

Concernant l'**activité électrodermale**, les analyses statistiques réalisées sur les 4 indicateurs EDA retenus (Tableau 3-3) n'ont pas montré de différences significatives dans les réponses aux trois types de données sur toutes les fenêtres de mesure (Annexe A.4). Ces résultats montrent que le type de données n'a pas, ou faiblement, impacté l'activité électrodermale des participants. Ils peuvent aussi s'expliquer par le faible nombre de participants (15 participants) pour lesquels nous avons collecté des signaux EDA de bonne qualité permettant l'analyse.

3.3.5 Corrélation entre les réponses subjectives, comportementales et physiologiques

Les **corrélations** entre les réponses subjectives, comportementales et physiologiques ont été testées en utilisant le coefficient de Spearman. Mais aucune corrélation n'a été trouvée ($s < 0,80$). Les réponses subjectives, comportementales et physiologiques ne semblent pas être liées et reflètent donc différents aspects des réponses émotionnelles.

3.3.6 Influence des caractéristiques individuelles

Les influences des **caractéristiques individuelles** sur les réponses émotionnelles aux trois types de données consultées ont été statistiquement testées.

L'influence du **genre** a été testée par le test de Wilcoxon-Mann-Whitney sur les réponses subjectives, comportementales et cardiaques. Pour les réponses physiologiques, nous avons choisi une fenêtre de mesure commençant à $FD=5$ secondes avec une taille de $FT=15$ secondes.

Parmi toutes les réponses subjectives, comportementales et physiologiques, seuls des indicateurs ECG sur la variabilité de la fréquence cardiaque : Max-MinNN, pNN50, MADRR, LF, LFnu et SD1/SD2, montre des différences significatives entre les femmes et les hommes lors des consultations d'au moins un type de données. Les résultats des analyses statistiques sont en Figure 3-14. Aucune différence n'a été trouvée lors des consultations DM entre les hommes et les femmes, qui semblent donc avoir vécu la consultation des données météorologiques de la même façon. Il existe des différences significatives entre les genres lors des consultations des données de santé DSU et DSA. La variabilité de la fréquence cardiaque augmente davantage sur certains indicateurs chez les hommes et sur d'autres indicateurs chez les femmes. Pour certains, la variabilité de la fréquence cardiaque diminue lors des consultations des données pour un des genres et augmente pour l'autre. Le genre a ainsi impacté les réponses émotionnelles cardiaques dans la consultation des données de santé. Il semble néanmoins difficile d'établir une modélisation de l'impact du genre sur le sens de variations des indicateurs.

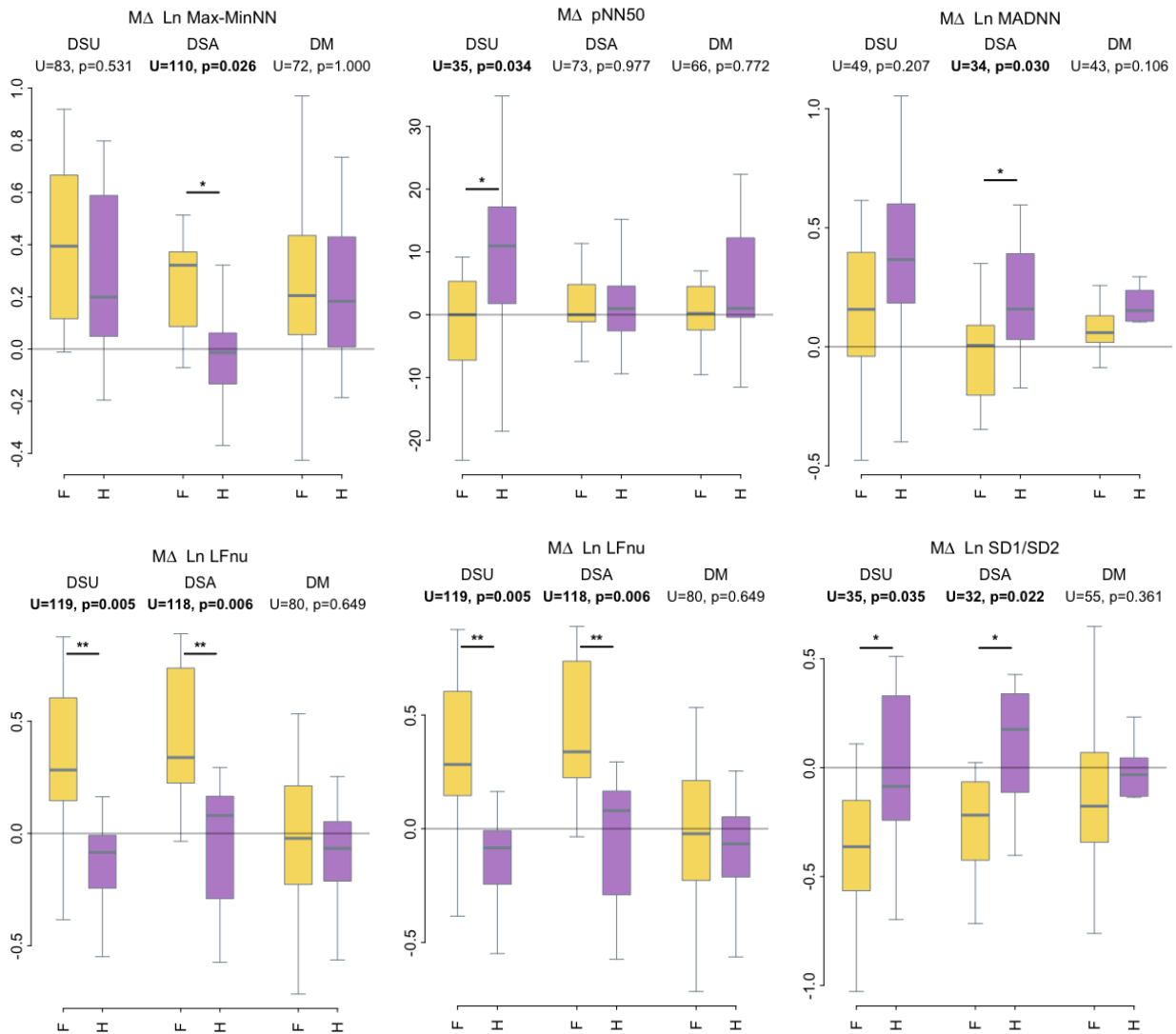


Figure 3-14 : Influence du genre sur les réponses ECG – Résultats statistiques

Indicateurs montrant des différences significatives entre les femmes (F) et les hommes (H) sur la fenêtre de mesure FD=5 secs, FT=15 secs – Diagrammes en boîte, tests de Wilcoxon-Mann-Whitney (U)

(** : p<0,01, * : p<0,05)

Les corrélations entre les autres **caractéristiques individuelles quantitatives** (l’anxiété par rapport à la santé, les habitudes d’utilisation des outils de santé à distance, l’humeur et l’état d’anxiété) avec les réponses aux trois types de données consultées ont été testées avec le coefficient de Spearman. Aucune corrélation n'a été trouvée ($s < 0,80$). Ces caractéristiques individuelles ne semblent pas avoir influencé les réponses émotionnelles aux données consultées. L’absence de résultats peut aussi s’expliquer par le faible nombre de participants par rapport à la diversité des caractéristiques des participants.

3.4 Discussion et conclusion

3.4.1 Analyse des résultats

La bibliographie a montré que la santé est un domaine fortement émotionnel (Partie 2.2.4). Les émotions des patients ont été étudiées principalement dans des contextes de médecine traditionnelle [164, 165, 167]. Peu d'études se sont placées dans le contexte particulier de la santé à distance. La consultation des données de santé, sur une application smartphone ou sur un site Internet, est omniprésente dans la pratique de la santé à distance (Partie 1.1.2). La compréhension des charges émotionnelles générées par la consultation de données de santé à domicile n'avait pas encore été étudiée dans la littérature.

Un apport de cette recherche repose sur la **méthodologie expérimentale** mise en place afin d'évaluer les réponses émotionnelles face aux consultations de données de santé en termes de perception, de comportement et de physiologie. Les réponses émotionnelles face à la consultation des données de santé de l'utilisateur ont été comparées avec les réponses émotionnelles face aux consultations des données de santé d'une autre personne et des données météorologiques.

Les résultats montrent des différences de réponses émotionnelles face aux trois types de données consultées. Les consultations des données de santé utilisateur ont eu un impact plus important sur les réponses émotionnelles, en particulier, sur le stress subjectif, la durée de visualisation des données et certaines caractéristiques de l'activité cardiaque des participants. Ces résultats soutiennent le fait que les consultations des données de santé utilisateur sur une interface dans un contexte de domicile peuvent fortement impacter l'**état émotionnel** des patients en termes de **psychologie**, de **comportement** et de **physiologie**, même si la nature et l'intensité des émotions générées restent complexes à déterminer.

Cette étude soutient l'hypothèse selon laquelle **la santé à distance**, via l'**interface de santé**, peut impacter l'**état affectif** des patients. Nous pouvons imaginer que pour un usage régulier sur du long terme, les émotions induites par la pratique de la santé à distance peuvent conduire à d'importants impacts dans les **comportements de santé** des patients, que ce soit dans leur mode de vie, comme les habitudes alimentaires, la consommation d'alcool ou les activités physiques [169], ou bien dans la gestion de leur santé, comme dans l'interprétation des données de santé, la perception des symptômes, l'adhésion aux traitements, l'engagement et la motivation dans le suivi des données [170, 171]. La santé mentale et physique des patients pourrait ainsi être fortement affectée, ce qui en fait un réel point d'attention.

La consultation des données de santé utilisateur a impacté les différentes composantes des réponses émotionnelles de différentes manières.

Les consultations DSU ont été perçues par les participants comme générant un niveau élevé de stress. La **composante subjective** révèle donc un impact avec une valence négative et un niveau d'activation élevé. D'après la bibliographie, les patients se sentent souvent stressés face à la santé en raison des enjeux élevés qui peuvent en découler [164, 166, 168]. Il est possible que les participants aient répondu à l'évaluation subjective de stress sur la base d'une expérience générale vis-à-vis de la santé, et non sur leur ressenti au moment de l'expérience.

Les consultations DSU ont plutôt restreint ou diminué le niveau d'activation cardiaque. La **composante physiologique** révèle donc plutôt un impact avec un faible niveau d'activation. Ce résultat peut être dû à la génération d'émotions à faible niveau d'activation qui peuvent être positives, comme du réconfort, ou négatives, comme de l'ennui. Les participants n'étaient pas atteints de maladie particulière et la consultation de leurs données de santé n'avait pas d'enjeu majeur, et donc ne générait pas d'émotions intenses. Nous pouvons suggérer que l'expérience effectuée auprès de patients atteints d'une maladie donnerait lieu à résultats différents. De plus, de nombreux participants ont rapporté oralement avoir vécu l'expérience de la consultation des données de santé comme intéressante et intrigante. Nous pouvons également supposer que les changements physiologiques observés sont dus à d'autres états individuels, non-émotionnels, comme de l'intérêt, de l'attention ou de la concentration, ayant un impact plus fort sur les réponses physiologiques et désactivant le système nerveux des utilisateurs.

Il est alors difficile d'interpréter la **composante comportementale** : les utilisateurs ont-ils consulté leurs données de santé plus longtemps en raison d'un fort ou d'un faible niveau d'activation ? La nature et l'intensité des émotions des patients lors d'un suivi médical à distance sont alors complexes à interpréter et dépendent des différentes composantes de l'émotion.

Les résultats montrent des différences dans les réponses aux consultations des données de santé utilisateur et aux consultations des données de santé d'une autre personne. Pour les indicateurs étudiés, aucune différence n'a été trouvée entre les consultations des données de santé d'une autre personne et des données météorologiques. Ces résultats suggèrent que c'est l'aspect **personnel** des données de santé qui génère de fortes réponses émotionnelles, et pas seulement l'aspect des données relatif à la santé.

Les **caractéristiques individuelles** n'ont pas montré une forte influence sur les réponses. Nous avons néanmoins constaté que le genre impacte les émotions physiologiques lors des

consultations de données de santé utilisateur. Les consultations des données de santé utilisateur ont davantage impacté certains indicateurs de la variabilité de la fréquence cardiaque chez les femmes et d'autres indicateurs chez les hommes. La bibliographie suggère en général que les femmes expriment plus leurs émotions par l'expression, alors que les hommes manifestent plus leurs émotions par la physiologie [151]. Nos résultats nuancent cette remarque, montrant que les hommes et les femmes réagissent différemment en fonction des indicateurs étudiés.

Cette recherche apporte également une contribution sur l'analyse des indicateurs cardiaques sur des **fenêtres de temps ultra-courtes**, méthodes encore peu étudiées dans la littérature. Les résultats ont montré que les tailles de fenêtre de mesure considérées, de 10 à 30 secondes, pouvaient être utilisées pour capturer des états émotionnels et de stress aigus et de très courte durée. Les différents indicateurs ont été impactés par les stimuli de différentes manières et sur des durées plus ou moins longues. Lors de l'utilisation de fenêtres de temps ultra-courtes, il semble alors intéressant de considérer différentes tailles de fenêtres en fonction des stimuli et des indicateurs cardiaques afin de capturer l'ensemble des impacts physiologiques.

3.4.2 Limites et perspectives

Cette recherche comporte des voies d'amélioration. La **procédure expérimentale** comportait neuf consultations de données, dont trois consultations de données de santé utilisateur sur une période de 30 minutes. Cette tâche est à mettre en regard avec les pratiques de santé à distance et la fréquence de consultation générale des données de santé, généralement moins élevée. Ensuite, l'ordre de consultation des données a été fixé pour tous les participants, ordre établi pour limiter la fatigue et l'effet prévisible. Un modèle contrebalancé, proposant différents ordres pour les participants, pourrait également être envisagé. Par ailleurs, nous avons choisi d'évaluer les émotions et le stress subjectifs face aux trois types de données consultées à la fin de l'expérience. Nous avons en effet pensé qu'une évaluation après chaque consultation aurait pu alourdir le protocole expérimental et que les participants risqueraient de sortir du contexte de l'expérimentation. Cependant, le temps passé entre les consultations des données et la transmission des réponses subjectives a pu altérer la mémoire émotionnelle des participants.

Cette étude peut également être étendue en explorant d'autres variables et d'autres contextes d'application. Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur l'impact de la consultation des données de santé sur les émotions et le stress des patients. L'expérience-patient peut être investiguée sur un champ plus large, en analysant d'autres **états individuels**, comme la

concentration, l'attention ou la motivation des patients. Il pourrait par exemple être intéressant d'étudier l'impact de la consultation des données de santé sur la concentration, l'attention, le bien-être, l'engagement et la motivation dans le suivi de sa santé.

La consultation des données de santé de l'utilisateur pourrait être comparée à d'autres types de données. Nous avons supposé que c'est l'aspect **personnel** des données qui pouvait engendrer des charges émotionnelles. Pour tester cela, nous pourrions comparer les consultations de données personnelles sur d'autres sujets, tels que des données professionnelles, des évaluations scolaires ou des données bancaires par exemple. Nous pouvons aussi supposer que les charges émotionnelles sont dues à **l'importance des données** pour l'individu. Par exemple, nous pourrions analyser les impacts de la consultation de données de santé d'un proche en tant qu'aidant ou de données météorologiques lorsque l'utilisateur prévoit un événement particulier (cérémonie, vacances). Il serait également pertinent de comparer la consultation de données de santé sur une interface à domicile avec un contexte de médecine traditionnelle : en **face-à-face avec un médecin**. Enfin, cette expérience pourrait être réalisée sur des patients atteints d'une **pathologie particulière**, lorsqu'ils consultent des données de santé relatives à cette maladie.

L'expérimentation a été conçue pour refléter un contexte particulier de la pratique de la santé à distance : pour des tâches spécifiques (réception de notifications et visualisation des données de santé), pour des patients sans pathologie particulière, dans un contexte de domicile (en regardant un film) et pour une utilisation sur le court-terme (30 minutes). Cependant, la santé à distance ne se limite pas à ce périmètre. Différents **contextes** peuvent être étudiés afin de mieux comprendre l'impact global de la pratique de la santé à distance. Il pourrait être intéressant d'étudier l'expérience-patient de personnes atteintes d'une maladie chronique particulière en consultant les données liées à cette maladie sur une utilisation régulière à long terme.

Cette étude traite de la variabilité des indicateurs objectifs et subjectifs liés à l'**émotion**, mais pas de leur effet sur le suivi de la santé et la vie des patients. D'autres études sont nécessaires pour comprendre si les émotions générées sont positives ou négatives pour les patients. Cette remarque nous amène à nous interroger : ***quels sont les niveaux de valence et d'activation qui sont bénéfiques pour les patients ?*** Cette question est aussi essentielle lorsque nous cherchons à orienter les émotions des patients dans une direction : *dans quelle direction faut-il orienter les expériences émotionnelles des utilisateurs ?* Nous supposons qu'il est préférable de ressentir des émotions positives lors du suivi des données de santé. Cependant, s'agit-il d'émotions à fort niveau d'activation, par exemple de l'enthousiasme, pour favoriser un engagement, ou à faible niveau d'activation, par exemple, de la confiance, pour rassurer les patients ? Différents objectifs

concernant la vie des patients peuvent être envisagés, pouvant dépendre des caractéristiques individuelles et des caractéristiques de la pathologie. Par exemple, il pourrait être intéressant d'étudier les émotions favorisant l'utilisation des outils de santé à distance pour la gestion d'une maladie chronique. Ce sera un des objectifs de la Partie 4.

Il apparaît essentiel de prendre en compte l'**expérience émotionnelle** des patients dans la conception des technologies de santé à distance [5, 70, 207], des **interfaces de santé** [212] afin d'offrir des services qui contribuent positivement à la vie des patients. L'objectif pourrait alors être de chercher à influencer des changements de comportement plus sain notamment vis-à-vis du mode de vie et de la gestion de la santé.

Par ailleurs, l'**intégration de la santé à distance** par les professionnels de santé et dans les systèmes de santé nécessite une attention particulière, davantage axée sur les expériences des patients. Il n'est actuellement pas facile pour les professionnels de santé d'appréhender les émotions ressenties par les patients compte tenu de la distance. Les émotions des patients lors de pratiques de santé à distance sont certainement différentes des émotions ressenties pour une même pratique réalisée en face-à-face. Un outil pour aider les patients à transmettre leurs émotions peut être envisagé. En outre, il serait également intéressant d'étudier quels actes médicaux, selon la pathologie et le patient, pourraient être réalisés à distance et ceux qui ne le peuvent pas d'un point de vue émotionnel.

3.4.3 Conclusion

Par une procédure expérimentale, cette étude montre que la consultation des données de santé personnelles peut avoir un impact important sur l'état émotionnel subjectif, comportemental et cardiaque de l'utilisateur. Ces résultats soutiennent l'hypothèse selon laquelle **l'état affectif des patients peut être affecté par la santé à distance**, pouvant conduire à des impacts de vie positifs ou négatifs, notamment dans les comportements de santé. Sur le long-terme et par une pratique régulière, la santé mentale et physique des patients peuvent être impactées.

Ces résultats montrent l'importance de prendre en compte l'expérience émotionnelle des patients dans le développement des outils et services de santé à distance pour contribuer positivement à la vie des patients.

CHAPITRE 4 :

**CONCEPTION CENTREE SUR L'EXPERIENCE-
PATIENT D'UNE INTERFACE DE SANTE : ÉTUDE
D'UNE APPLICATION POUR LE SUIVI DU
DIABETE**

4.1 Introduction

Cette partie propose une méthode de conception centrée-utilisateur visant à optimiser une interface de santé pour améliorer l'expérience-patient. Nous avons choisi d'appliquer cette méthode à la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète.

Le **diabète** est une maladie chronique qui se caractérise par un excès de sucre dans le sang. Malgré des efforts de prévention, cette maladie progresse rapidement. La Fédération Internationale du Diabète estime que 463 millions d'adultes (20-79 ans) étaient atteints de diabète dans le monde en 2019, 537 millions en 2021, et ce nombre devrait atteindre 700 millions en 2045 [254]. La Chine compte le plus grand nombre de personnes diabétiques, environ 116 millions en 2019 [255], pour 4 millions en France [256]. L'augmentation du nombre de personnes diabétiques s'explique par le vieillissement de la population et des changements dans les modes de vie, plus sédentaires. Il s'agit également d'une maladie avec un risque important de mortalité. En 2019, 4,2 millions de personnes sont décédées en raison de leur diabète, 6,7 millions en 2021 [254]. Il s'agit donc bien d'un problème de **santé publique mondial**.

Il existe principalement le diabète de **type 1** et le diabète de **type 2**. Le diabète de type 1, est une maladie auto-immune : l'organisme ne reconnaît pas et détruit les cellules bêta du pancréas produisant l'insuline. L'organisme ne sécrète alors pas d'insuline permettant de réguler le taux de glucose dans le sang (glycémie). Le diabète de type 1 est insulino-dépendant et nécessite des

apports d'insuline. Le diabète de type 2, peut être insulino-dépendant ou non. Il est dû à une trop faible production ou à une mauvaise utilisation de l'insuline par l'organisme. Afin de réguler la glycémie, cette maladie demande un **suivi régulier et fréquent des données de santé**

La **santé à distance** apporte des services et outils permettant d'améliorer grandement le quotidien des patients et se voit de plus en plus essentielle dans la gestion de la maladie. C'est pourquoi nous avons choisi cette pathologie comme cas d'application.

Les **objets connectés**, tels que des glucomètres ou podomètres, et des **applications de santé** facilitent la mesure, le suivi et l'analyse de **données de santé** telles que les activités physiques, l'alimentation, la glycémie, les injections d'insuline effectuées ou la prise de médicaments. Ils permettent aux patients de mieux autogérer leur maladie, d'être plus autonome et de prendre de meilleures décisions. Les données de santé peuvent aussi être partagées avec des professionnels de santé, qui disposent d'informations plus complètes pour adapter les traitements et en discuter avec les patients lors des rendez-vous médicaux.

Les **applications de santé** sont nombreuses et de plus en plus présentes dans la vie quotidienne des patients. Le diabète est une des maladies, avec la santé mentale et les problèmes cardio-circulatoires, pour lesquelles il existe le plus d'applications de santé [24]. D'après une enquête réalisée dans le monde en 2017/2018 auprès de personnes atteintes de diabète, 52,2% et 33,3% des personnes atteintes respectivement d'un diabète de type 1 et de type 2 utilisent des applications pour le diabète (exemples les plus populaires : MySugr, Dexcom, Freestyle Libre et Xdrip+). L'enquête a également montré que la surveillance de la glycémie, de l'alimentation et des activités physiques étaient plus élevées chez les utilisateurs d'applications pour le diabète [54].

Le **suivi de la glycémie** fait partie intégrante de la gestion de la maladie. Le carnet de suivi glycémique est un outil de suivi et de dialogue entre le patient et les professionnels de santé. Il permet de noter les résultats des glycémies, des doses d'insuline, des événements pouvant influencer les glycémies (repas, exercice physique, prise de médicaments, détails personnels, etc.) et des symptômes ressentis. Ce carnet peut être en format papier, sur un site Internet ou sur une application Smartphone. Aujourd'hui, des glucomètres à capteurs sous-cutanés à mesure continue, grandement utilisés, permettent de collecter la glycémie des patients en temps réel.

Le suivi de la glycémie est une tâche omniprésente dans la vie quotidienne des patients, notamment sur les applications. Améliorer la satisfaction des patients envers la représentation des données de glycémie peut contribuer grandement à leur bien-être quotidien, leurs comportements en santé et donc sur leur état de santé mental et physique.

Ce travail de recherche a été effectué à l'École Centrale de Nantes en collaboration avec l'Université Tsinghua, en Chine. Il nous est alors apparu intéressant d'étudier le rôle de la culture en comparant les **populations françaises et chinoises** dans la conception des interfaces de santé. Comme étudié en Partie 2.2.3 et en Partie 2.3.3, les caractéristiques individuelles peuvent jouer un rôle important sur les émotions ressenties, notamment dans l'interaction homme-ordinateur. La France et la Chine peuvent être considérées comme deux pays ayant des cultures très différentes. Selon le Modèle de Hofstede, ces cultures diffèrent grandement, en particulier selon les dimensions d'individualisme/ collectivisme et de distance hiérarchique : la Chine est plutôt considérée comme une culture collectivisme, à fort degré de distance hiérarchique, tandis que la France comme une culture individualiste, à faible degré de distance hiérarchique.

La méthode proposée dans cette partie comprend 3 étapes (Figure 4-1):

- [1] Une comparaison culturelle des applications européennes et chinoises existantes pour le suivi du diabète (Partie 4.2). Cette étude permet une analyse des applications existantes et des variables d'interface. Elle évalue la nécessité de considérer la culture dans la conception des interfaces de santé.
- [2] Une enquête en ligne afin de recueillir les expériences, habitudes et préférences de personnes diabétiques dans l'utilisation d'applications de santé (Partie 4.3). Cette enquête permet de comprendre les patients et le contexte d'utilisation des applications. Une première base d'informations sur les préférences a également été recueillie.
- [3] Une expérimentation pour maximiser la satisfaction-patient face à la représentation des données de glycémie sur une application (Partie 4.4). S'appuyant sur les variables des applications existantes (étape 1), réduites grâce à l'enquête (étape 2), une liste de variable d'interface a été définie. Un algorithme génétique interactif a été utilisé, permettant de proposer des solutions et de faire émerger des tendances de conception améliorant la préférence-utilisateur. Le rôle de la culture, par une comparaison des populations françaises et chinoises, a été analysé. Les relations entre la satisfaction, les émotions, la qualité perçue et l'intention d'utilisation ont également été étudiées.

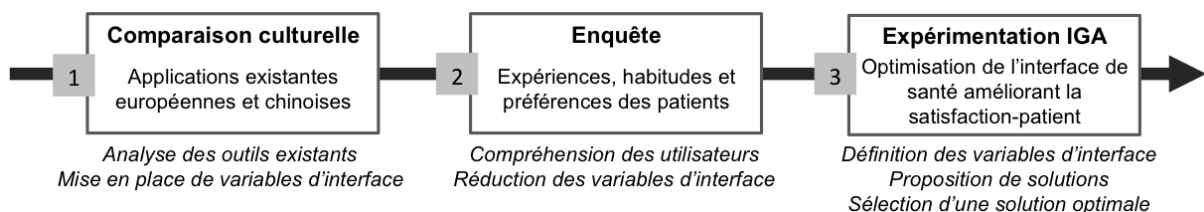


Figure 4-1 : Méthode de conception centrée-patient d'une application de santé

4.2 Comparaison culturelle des interfaces de santé existantes

4.2.1 Méthode

La question de recherche à laquelle nous apportons des éléments de réponse est la suivante : **la conception des interfaces de santé est-elle influencée par la culture ?** Pour cela, une comparaison culturelle des applications existantes pour le suivi du diabète européennes et chinoises a été effectuée. Une discussion sur les corrélations entre les différences de conception et les différences culturelles a ensuite été menée.

Nous avons établi une liste de **14 applications européennes** et **10 applications chinoises** (Tableau 4-1, plus d'informations en Annexe B-1). Les applications européennes ont été recherchées sur Google Play Store et les applications chinoises sur Huawei App Store. Deux critères de sélection ont été utilisés : (1) un nombre de téléchargements élevé, et (2) le pays d'origine, basé sur l'adresse d'implantation des développeurs, situé en Europe de l'Ouest ou en Chine. En se basant sur les dimensions de Hofstede, nous avons supposé les pays d'Europe de l'Ouest sont proches culturellement. Les applications européennes ont été téléchargées sur un Smartphone Android français en France et en langue française et les applications chinoises sur un Smartphone Android Chinois en Chine et en langue chinoise.

La structure et les différentes fonctionnalités des applications sélectionnées, notamment sur la représentation des données de santé, ont été analysées. Sur la base de ces observations, nous avons établi une liste de **92 variables binaires** (voir Annexe B-2), classées en différentes catégories :

- La structure : concerne l'agencement et la charte graphique de l'application. Les variables portent sur les présences de publicités externes, de versions premium, de slogans, de pages d'accueil, mais aussi sur la forme du menu, la couleur principale de l'application et les couleurs interprétant des mesures de glycémie.
- Les outils : concerne les fonctionnalités proposées par l'application aux patients. Les variables concernent les outils de personnalisation, de conseils et de supervision en santé, de communication, d'exportation et d'importation de données, ainsi que des guides sur l'utilisation de l'application.

Applications européennes	MySugr	Diabetes Connect	Social Diabetes	Ma Glycémie	GluciChek	MyDiabby	Insuline
							
	Autriche 1 000 000+	Allemagne 100 000+	Espagne 100 000+	France 100 000+	France 100 000+	France 50 000+	Allemagne 10 000+
	Diaguard	forDiabetes	Diabnext	Hedia	Insulclock	My Diabetes Connect	Diabhelp
							
	Allemagne 10 000+	Grèce 10 000+	France 10 000+	Danemark 10 000+	Espagne 5 000+	Royaume-Uni 1 000+	France 1 000+
	糖护士管理	稳糖	微糖	血糖高	大糖医	掌控糖尿病	糖士
	糖尿病						
		Chine 1 040 000+	Chine 890 000+	Chine 580 000+	Chine 570 000+	Chine 360 000+	Chine 190 000+
	糖医生	糖糖圈	糖吧				
							
	Chine 160 000+	Chine 80 000+	Chine 60 000+				

Tableau 4-1 : Applications européennes et chinoises sélectionnées : nom, logo, pays d'origine et nombre de téléchargements (au mois de Octobre 2020)

- Les données de santé : concerne les données de santé qui peuvent être entrées, manuellement ou via des objets connectés, enregistrées, suivies et/ou partagées. 17 données de santé présentes sur au moins une application ont été listées. Par exemple, la glycémie, les injections d'insuline effectuées, les activités physiques, l'activité cardiaque, la nourriture consommée, le sommeil ou le poids.
- La représentation des données de santé : concerne la façon d'afficher un ensemble de mesures enregistrées sur l'application. Nous nous sommes concentrés sur les données de glycémie. Différentes pages ont été observées :
 - Le carnet de suivi (ou le journal) : liste des mesures de glycémie.
 - Les statistiques : informations statistiques des mesures (moyenne, variance, valeurs extrêmes, proportions...) sur une période de temps.

- Les graphiques : descriptions visuelles des mesures sur une période de temps.

Les variables de ces différentes pages sont en Tableau 4-3. Elles ont été utiles pour la suite de l'étude, notamment pour établir le problème d'optimisation de l'étape 3. Des exemples de représentation de données de glycémie sur les applications sélectionnées sont fournis en Figure 4-2, plus d'exemples sont en Annexe B-3.

N°	Variables d'interface (catégorie : Représentation des données de santé)		
36	Représentation	Cadre : les mesures sont entourées par un cadre coloré	
37		Goutte : un symbole de goutte est présent près de chaque mesure	
38		Liste : les mesures sont simplement listées les une à la suite des autres	
39	Carnet de suivi	Notes libres, carnet de notes	
40		Annotation des données de santé, par des symboles, du texte, ou des images	
41		Spécification sur le repas (avant/après repas, petit-déjeuner, déjeuner, dîner)	
42		Spécification du contexte : humeur, sensation, ressentis, activités...	
43		Variation depuis la dernière mesure	
45	Statistiques	Photos, images	
45		Nombre de mesures par jour	
46		Moyenne	
47		Mesures plus haute / plus basse	
48		Moyenne par type de repas	
49		Ecart-type	
50		Nombre / proportion de mesures en hyperglycémie, hyperglycémie et dans la cible	
51		Texte	
52		Représentation	Diagramme circulaire
53			Histogramme
54	Diagramme à barres (moyennes, valeurs extrêmes, moyennes par repas)		
56	Format	Chronologique	
57		Profil journalier : superposition des graphiques par jour	
58	Graphiques	Points	
59		Linéaire	
60		Représentation	Tendance
61			Diagramme à barres
62			Boîte à moustache
63	Annotation	Superposition des graphiques par type de repas	
64		Zones colorées pour délimiter les mesures en cibles	

Tableau 4-2 : Variables sur la représentation des données de santé des applications existantes

Pour analyser les **représentations des données de glycémie** sur les applications, nous avons entré manuellement les mêmes données sur toutes les applications. Ces données comprenaient 6 valeurs de glycémie par jour sur une semaine. Il s'agissait de données réelles transmises par une personne diabétique et représentant différents niveaux de glycémie : dans la cible, en hypoglycémie et en hyperglycémie.



Figure 4-2 : Exemples de représentations des données de santé sur des applications européennes et chinoises : carnets de suivi, statistiques et graphiques

Les variables d'interface ont été **évaluées** pour les applications européennes et chinoises de façon indépendante par respectivement deux étudiants français et deux étudiants chinois. Les évaluateurs devaient noter « 1 » si la variable était présente sur l'application ou « 0 » sinon. Afin de s'assurer de la bonne compréhension des variables, traduites en différentes langues (françaises, anglaise, et chinoise), un document explicatif illustré de captures d'écran a été fourni aux évaluateurs. En cas de divergence, une discussion a permis de trouver un consensus.

La proportion d'applications européennes et chinoises présentant chaque variable a été calculée. Le test statistique d'homogénéité de **Khi²** (χ^2) avec un niveau de significativité de 0,05 a été réalisé pour comparer ces proportions. Nous confirmons que toutes nos données, provenant d'applications différentes, sont bien indépendantes. L'hypothèse suivante a été testée : *H₀ : la proportion d'applications présentant la variable est la même pour les applications européennes et chinoises*. Une hypothèse rejetée ($p < 0,05$) signifie que la variable est plus ou moins présente sur les applications d'une des cultures.

4.2.2 Résultats

Le nombre d'applications européennes et chinoises présentant chaque variable, ainsi que les résultats des analyses statistiques, sont donnés en Annexe B-2. Sur un total de 92 variables, 24 ont montré des différences significatives entre les applications européennes et chinoises.

Les catégories sur la structure et les outils des applications contiennent la plupart des différences constatées entre les applications européennes et chinoises. Les variables pour lesquelles des différences ont été relevées sont respectivement en Tableau 4-3 et 4-4.

Concernant la **structure** des applications, nous notons que les applications européennes proposent davantage des versions payantes pour plus de fonctions ou moins de publicité. Des slogans et des pages d'accueil sont davantage présents dans les applications chinoises. Les applications chinoises utilisent plutôt des menus fixes tandis que les applications européennes des menus déroulants. Différentes couleurs sont utilisées pour interpréter les mesures de glycémie : les applications chinoises utilisent davantage du rouge/orange/jaune pour les mesures en hyperglycémie et du bleu pour les bonnes mesures. Avec presque une différence significative, nous notons également que les applications chinoises semblent proposer plus de publicités externes. Aucune différence n'a été observée concernant la couleur principale de l'application.

Pour les **outils**, nous notons que les applications européennes proposent davantage des outils permettant l'exportation et l'importation des données. Les applications chinoises proposent plus

d'outils pour la gestion de la santé et des outils de communication. Elles mettent aussi davantage à disposition des informations sur les développeurs de l'application. Aucune différence n'a été trouvée concernant les outils de personnalisation des applications.

	Variables d'interface (Catégories : Structure)		Nombre d'apps		Test statistique	
			Europe (/14)	Chine (/10)	X ²	p-value
1	Publicité externe	Pages de garde ou bannières publicitaires	3	6	3,703	0,054
2	Version premium	Version payante pour plus de fonctions ou moins de publicités	6	0	5,714	0,017 *
3	Slogan	Présence d'un slogan	2	10	17,143	3,47.10 ⁻⁵ ***
4	Page d'accueil	Présence d'une page d'accueil	4	10	12,245	4,67.10 ⁻⁴ ***
5	Menu	Menu fixe	6	10	8,571	0,003 **
6		Menu déroulant	8	1	5,531	0,019 *
10	Couleurs pour interpréter la glycémie	Couleur pour les mesures en hyper : Rouge, orange, jaune	9	10	4,511	0,034 *
13		Couleur pour les mesures bonnes : Bleu	0	3	4,8	0,028 *

Tableau 4-3 : Variables sur la structure des applications existantes - Résultats de l'analyse statistique

Variables pour lesquelles des différences significatives ont été observées.

N°	Variables d'interface (Catégorie : Outils)		Nombre d'apps		Test statistique	
			Europe (/14)	Chine (/10)	X ²	p-value
70	Conseils en santé	Liste d'aliments - teneur en glucides	4	9	8,866	0,003 **
71		Recettes de repas	0	3	4,8	0,028 *
72		Informations sur le diabète : la maladie, les traitements, les symptômes, ...	0	4	6,72	0,010 *
73		Évaluation des risques de complications ou problèmes de santé	1	6	7,889	0,005 **
74		Insértion des photocopies de documents médicaux : ordonnances, diagnostics, résultats d'analyse...	2	7	7,726	0,005 **
78		Consultation d'un professionnel de santé	1	7	10,371	0,001 **
79	Communication	Réseau social : possibilité de partager des données avec d'autres personnes ayant la même application	1	5	5,714	0,017 *
80		Blog, actualité dans les domaines de la santé et du diabète	3	10	14,505	1,40.10 ⁻⁴ ***
83		Boutique en ligne : équipement pour la gestion du diabète, alimentation, matériel...	1	9	16,477	4,93.10 ⁻⁵ ***
84		Obtention de points de suivi lors de l'utilisation	1	9	16,477	4,93.10 ⁻⁵ ***
86		Lien pour recommander ou évaluer l'application	5	9	7,073	0,008 **
87		Exportation et importation des données	Exporter des données, fichiers pdf ou csv	10	0	12,245
89	Possibilité de lier l'application à d'autres applications pour importer des données		5	0	4,511	0,034 *
90	Guide dans l'utilisation de l'application	Informations sur les développeurs : société, adresse, numéro de téléphone	6	10	8,571	0,003 **

Tableau 4-4 : Variables sur les outils des applications existantes - Résultats de l'analyse statistique

Variables pour lesquelles des différences significatives ont été observées.

Concernant la catégorie sur les **données de santé** qui peuvent être entrées et suivies sur les applications, peu de différences significatives ont été observées. Seulement la donnée de calories dépensée est davantage présente dans les applications chinoises ($X^2=8,84$, $p=0,003^{**}$). Concernant la **représentation des données de santé**, nous notons seulement que les applications chinoises annotent davantage les mesures dans les carnets de suivi par des spécifications sur les repas (Variable n°40 : $X^2=7,06$, $p=0,008^{**}$). Les applications chinoises utilisent aussi davantage des diagrammes à barres représentant des valeurs statistiques (Variable n°54 : $X^2=4,8$, $p=0,028^*$).

4.2.3 Discussion

De nombreuses comparaisons culturelles de site Internet ont été effectuées dans la littérature [227, 228, 257] (Partie 2.3.4), montrant le rôle important de la culture dans les préférences de conception [223, 224]. Les dimensions d'individualisme/collectivisme, de distance hiérarchique du modèle de Hofstede, ainsi que la dimension de contexte haut/bas de Hall, semblent expliquer en grande partie ces différences. Le domaine de la santé n'avait pas encore été abordé.

Par une comparaison des applications pour le suivi du diabète, nous avons montré qu'il existe des différences de conception entre les applications européennes et chinoises, notamment dans la structure et les outils proposés par les applications pour le suivi du diabète. Certaines de ces différences semblent corrélées avec des **facteurs culturels**.

La dimension de **collectivisme/individualisme** semble se refléter dans la conception des applications pour le suivi du diabète. D'après la bibliographie, les cultures collectivistes, comme la Chine, favorisent la cohésion de groupe. Les outils de communication davantage proposés par les applications chinoises, comme les réseaux sociaux, les blogs en santé, les boutiques en ligne, les liens de recommandation, mais aussi la présence de slogans, encouragent la cohésion de patients ayant la même maladie et la même application. Les cultures plus individualistes, comme en Europe de l'Ouest, donnent plus d'importance aux individus. Nos résultats confirment cette tendance : les applications européennes facilitent davantage l'échange des données personnelles.

La dimension de **distance hiérarchique** se reflète également dans la conception des applications. Les cultures avec un fort degré de distance hiérarchique, comme en Chine, accordent plus d'importance aux expertises et avis de professionnels. Cela se retrouve dans les applications chinoises proposant davantage des outils de supervision et de conseils en santé, comme des listes d'aliments, des recettes de repas, des informations sur le diabète, des évaluations des risques en santé, ainsi que la possibilité de consulter des professionnels de santé. Les applications chinoises accordent aussi plus d'importance aux informations sur les

développeurs des applications. La présence de page d'accueil, listant les différents contributeurs, reflète aussi un fort degré de distance hiérarchique.

Les cultures de **haut contexte**, comme en Chine, transmettent davantage des informations par des images et symboles, se retrouvant dans les applications chinoises qui utilisent davantage des diagrammes à barres représentant des valeurs statistiques.

Finalement, les **couleurs** peuvent avoir des connotations différentes en fonction de la culture, permettant d'expliquer les différences constatées dans les couleurs utilisées.

Certains résultats semblent non-corrélées avec des facteurs culturels. D'après la bibliographie (Partie 2.3.4), les cultures à faible distance hiérarchique proposent des structures de sites plates avec peu de pages, contrairement aux cultures à forte distance hiérarchique, qui ont tendance à créer des sites à plusieurs niveaux. Nous nous attendions donc à ce que les applications chinoises utilisent plutôt des menus déroulants tandis que les applications européennes des menus fixes, mais des résultats contraires ont été obtenus. Les cultures individualistes ont davantage tendance à fournir des informations sur la vie quotidienne des individus. Le fait que les applications chinoises spécifient davantage des informations individuelles dans les carnets de suivi semble non-corrélé avec cette tendance. L'individu occupant une place centrale au sein des cultures individualistes, nous nous attendions à ce que les applications européennes proposent davantage des outils de personnalisation. Notre étude n'a pas souligné ces différences. Ces résultats peuvent être dus à d'autres **facteurs non-culturels**. Par exemple, le moyen financement des applications impacte la conception : les applications européennes se financent plutôt par les versions premium et les applications chinoises par de la publicité.

Par ailleurs, des variables n'ont pas montré de différences significatives entre les applications européennes et chinoises. C'est notamment le cas pour les données de santé et leur représentation par des carnets de suivi, statistiques et graphiques, mais aussi pour la couleur principale de l'application ou d'autres outils. Ces variables semblent plutôt être guidées par des standards internationaux, montrant que la conception des applications de santé est en partie **standardisée**.

4.2.4 Conclusion

Cette étude a permis de tester les différences culturelles des applications européennes et chinoises pour le suivi du diabète. Les résultats révèlent des différences de conception qui sont en grande partie corrélées avec des **facteurs culturels**, soutenant l'hypothèse selon laquelle la conception des interfaces de santé est influencée par la culture.

Les résultats montrent aussi que certaines variables semblent plutôt suivre des standards internationaux. La conception des interfaces de santé semble ainsi suivre deux tendances de conception : celle de la **localisation**, qui consiste à adapter les interfaces aux besoins culturels des utilisateurs, et celle de la **standardisation**, qui adopte des standards internationaux et ignore les caractéristiques de la culture des utilisateurs. La structure et les outils des applications de santé semblent plutôt suivre une tendance de localisation, tandis que les données de santé qui peuvent être suivies et leurs représentations semblent plutôt suivre une tendance de standardisation.

Cette étude a permis de répertorier différentes possibilités de conception des applications de santé, fournissant des idées de développement pour les industriels.

Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur les applications de diabète, analysées selon une liste de variables non-exhaustive, ainsi que sur deux cultures, celles de l'Europe de l'Ouest et de la Chine. Cette étude peut être **élargie** à d'autres cultures, d'autres types d'interface de santé et d'autres variables d'interface afin de challenger et de généraliser les résultats.

La **culture** est complexe et il est important de noter que nous en avons abordé seulement certains aspects : les dimensions d'individualisme/collectivisme et de distance hiérarchique. **D'autres dimensions** peuvent être envisagées. Selon les directions dimensionnelles choisies, deux cultures peuvent être plus ou moins proches. Nous avons aussi considéré les cultures d'Europe de l'Ouest et de la Chine comme des groupes culturellement homogènes. Cependant, des différences culturelles peuvent exister au sein de ces groupes. Par exemple, la France et l'Allemagne présentent des niveaux différents de distance hiérarchique (respectivement de 68 et 35). Il existe aussi de fortes différences culturelles entre le nord et le sud de la Chine.

Il peut être difficile de dissocier l'influence de la culture des **développeurs** sur la conception d'interfaces et la considération de la culture des utilisateurs par les développeurs. Pour éviter ces biais, nous avons considéré des applications utilisées en France et en Chine et développées respectivement en Europe de l'Ouest et en Chine. Cependant, la culture des développeurs peut différer de la culture des utilisateurs. Dans ce cas, les développeurs peuvent chercher à satisfaire les préférences-utilisateurs. Nous pouvons supposer qu'une application grandement utilisée dans un pays reflète les préférences-utilisateurs, peu importe l'origine des développeurs. En France, une des applications les plus utilisées est l'application FreeStyle LibreLink de Abbott, une entreprise pharmaceutique américaine, qui aurait pu être considérée dans notre étude. L'influence de la culture peut aussi être étudiée en analysant directement les perceptions des utilisateurs face à la conception d'interfaces. Cette méthode sera effectuée en Partie 4.4.

En étudiant les applications pour le suivi du diabète des cultures européennes et chinoises, cette étude montre l'importance de **considérer la culture des utilisateurs dans la conception des interfaces de santé** afin de fournir des outils adaptés aux besoins et aux préférences culturelles des utilisateurs.

Elle a également permis une analyse des applications existantes et la mise en place de variables d'interface, utiles pour la suite de l'étude.

4.3 Enquête : expériences, habitudes et préférences dans les interfaces de santé

4.3.1 Questionnaire de l'enquête

Suite à l'analyse des applications existantes, il est maintenant important d'obtenir le point de vue des utilisateurs. L'enquête réalisée collecte les expériences, habitudes et préférences dans l'utilisation d'applications pour le suivi du diabète de personnes atteintes de cette pathologie. Elle a pour objectif de :

- **Comprendre le suivi de la glycémie et le contexte de l'utilisation de ces applications,**
- **Avoir un aperçu sur l'utilisation de la santé à distance par les personnes diabétiques,**
- **Comprendre les expériences émotionnelles dans le suivi de la glycémie,**
- **Obtenir des informations sur les préférences-patients dans les applications.**

Un **questionnaire** en ligne de 40 questions en français (Tableau 4-5, Annexe C) a été créé. Il était disponible via un lien sur la plateforme LimeSurvey. Il prenait environ 15-20 minutes à remplir et était destiné à toute personne diabétique, utilisateur ou non d'applications de santé.

L'enquête a été menée conformément au Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD). Au début du questionnaire, les participants ont été informés des objectifs de l'enquête et de l'utilisation faite de leurs données personnelles. L'enquête était anonyme, sans sauvegarde des adresses IP. Le consentement des participants était requis pour continuer.

Pour chaque question, à choix unique ou à choix multiple, des propositions de réponses étaient données aux participants, qui pouvaient également choisir une réponse « Autre » et y ajouter un élément de réponse. Les participants devaient répondre à toutes les questions pour progresser. Ils pouvaient sauvegarder le questionnaire à tout moment et le reprendre plus tard. En dernière partie, des questions ouvertes permettaient d'ajouter des remarques non abordées. Seules les réponses aux questionnaires totalement terminés ont été sauvegardées.

Informations sur les participants	Informations démographiques	1) Âge		
		2) Genre,		
		3) Nationalité et pays de résidence		
	Informations sur le diabète	4) Type de diabète		
		5) Âge lors du diagnostic		
		6) Traitements		
Suivi des données de santé	Général	7) Support du carnet de suivi		
		8) Données de santé régulièrement suivies		
	De la glycémie	9) Mesure		
		10) Matériels		
		11) Fréquence		
		12) Unité		
		13) Conditions		
		14) Moments dans la journée		
		Objets connectés	15) Utilisation	
			16) Types d'objets connectés utilisés	
			17) Fréquence d'utilisation	
		Utilisation d'objets connectés et applications de santé	Applications pour le suivi du diabète	18) Utilisation
				19) Applications utilisées
				20) Fréquence d'utilisation
21) Façon d'entrée des données				
Autres applications de santé	22) Utilisation			
	23) Types d'applications utilisées			
	24) Fréquence d'utilisation			
Motivation et problèmes	25) Façon d'entrée des données			
	26) Raison d'utilisation			
	27) Problèmes rencontrés / Raisons de non-utilisation			
Expérience dans le suivi de la glycémie	Émotions ressenties	28) Émotions ressenties lors d'un état d'hyperglycémie		
		29) Émotions ressenties lors d'un état d'hypoglycémie		
		30) Émotions ressenties lors de bonnes mesures		
	Émotions souhaitées	31) Émotions souhaitées lors des mesures de glycémie		
	Bien-être avec le diabète	32) Problèmes émotionnels rencontrés		
		33) Bien-être avec le diabète		
Préférences et souhaits dans les applications de diabète	Données de santé	34) Données de santé à suivre		
	Outils	35) Outils		
	Représentation des données de santé	36) Carnets de suivi, statistiques et graphiques		
		37) Type de graphique		
		38) Annotation des graphiques par les repas		
		39) Données statistiques		
		40) Période de temps dans la représentation		

Tableau 4-5 : Liste des questions posées dans l'enquête

Dans un premier temps, cette enquête visait à comprendre le **suivi de la glycémie** et le **contexte d'utilisation** des applications pour le suivi du diabète. Pour cela, nous avons créé des questions sur la gestion du diabète (Q° 1-6), sur le suivi des données de santé, en particulier de la glycémie (Q° 7-14) et sur l'utilisation d'objets connectés ou d'applications de santé (Q° 15-27). Cette dernière catégorie de questions a également permis d'obtenir un aperçu récent sur l'utilisation des outils de **santé à distance** par les personnes diabétiques.

Cette enquête visait aussi à comprendre les **expériences émotionnelles** des personnes diabétiques dans le suivi de la glycémie. En se basant sur l'approche bidimensionnelle du Modèle Circumplex de Russell, nous avons délimité le domaine des émotions en 9 catégories avec différents niveaux de valence et d'activation, comme représenté sur la Figure 4-3. Les émotions ressenties lors du suivi de la glycémie, qui peuvent dépendre des niveaux de glycémie mesurés (hypoglycémie, hyperglycémie ou dans la cible), ont été demandées aux participants (Q° 28-30).

En discussion de la recherche précédente (Partie 3.4.2), nous nous sommes interrogés sur l'influence de la conception d'interface sur les émotions afin de contribuer positivement à la vie des individus : dans quelle direction faut-il orienter les expériences émotionnelles des utilisateurs ? Nous supposons qu'il est préférable d'orienter les patients vers des émotions positives. Mais, s'agit-il d'émotions à fort niveau d'activation, par exemple, de l'enthousiasme pour stimuler les patients dans la gestion de la maladie, ou à faible niveau d'activation, par exemple, de la confiance pour rassurer les patients ? Afin d'obtenir un éclaircissement sur ces questions, les émotions souhaitées (Q° 31) et les problèmes émotionnels les plus fréquents (Q° 32) ont été questionnés en se basant sur la modélisation des émotions (Figure 4-3).

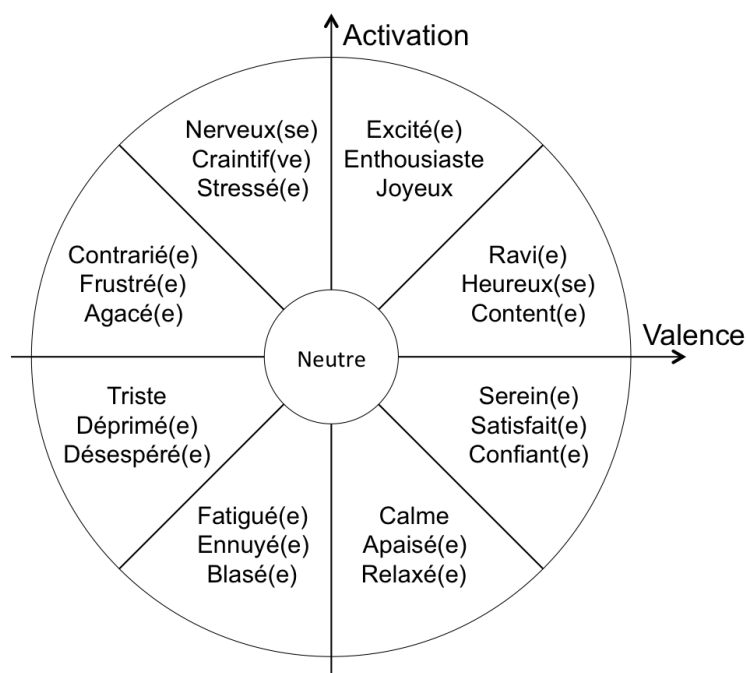


Figure 4-3 : Modélisation des émotions – Selon le Modèle Circumplex de Russell

Étant donné que la plupart des personnes diabétiques gèrent leur diabète en autonomie, elles sont les plus à même de fournir leurs préférences et besoins pour les applications de diabète. Pour créer des questions relatives aux **préférences-patients**, nous nous sommes basés sur les variables d'interface répertoriées par analyse des applications existantes (étape 1, Partie 4.2). Par exemple,

basé sur les données de santé listées, nous avons demandé aux participants les données qu'ils suivent régulièrement (Q° 8) et celles qu'ils préfèrent ou aimeraient suivre sur une application (Q° 34). Les préférences pour les outils répertoriés ont aussi été questionnées (Q° 35).

Les préférences concernant la **représentation des données de santé** nous intéresse particulièrement pour la suite de l'étude. À l'étape 1, trois types de représentation des données de santé ont été observés : le carnet de suivi, les statistiques et les graphiques. Lors de l'enquête, nous avons demandé aux participants, via les exemples en Figure 4-4, les types de représentation qu'ils préfèrent ou aimeraient trouver sur une application (Q° 36). Concernant les graphiques, nous avons observé différentes représentations : linéaire, tendance, graphique à barres et boîte à moustache. Certains de ces graphiques étaient représentés en format chronologique ou en profil journalier. Ces graphiques ont été reproduits (Figure 4-5) et les préférences ont été demandées (Q° 37). Les préférences dans l'annotation des graphiques par les repas (avant/après repas, type de repas) ont été questionnées (Q°38). Des questions concernant les préférences envers les données statistiques (Q° 39) et la période de temps pour analyser les données de santé (Q° 40) ont également été créées.

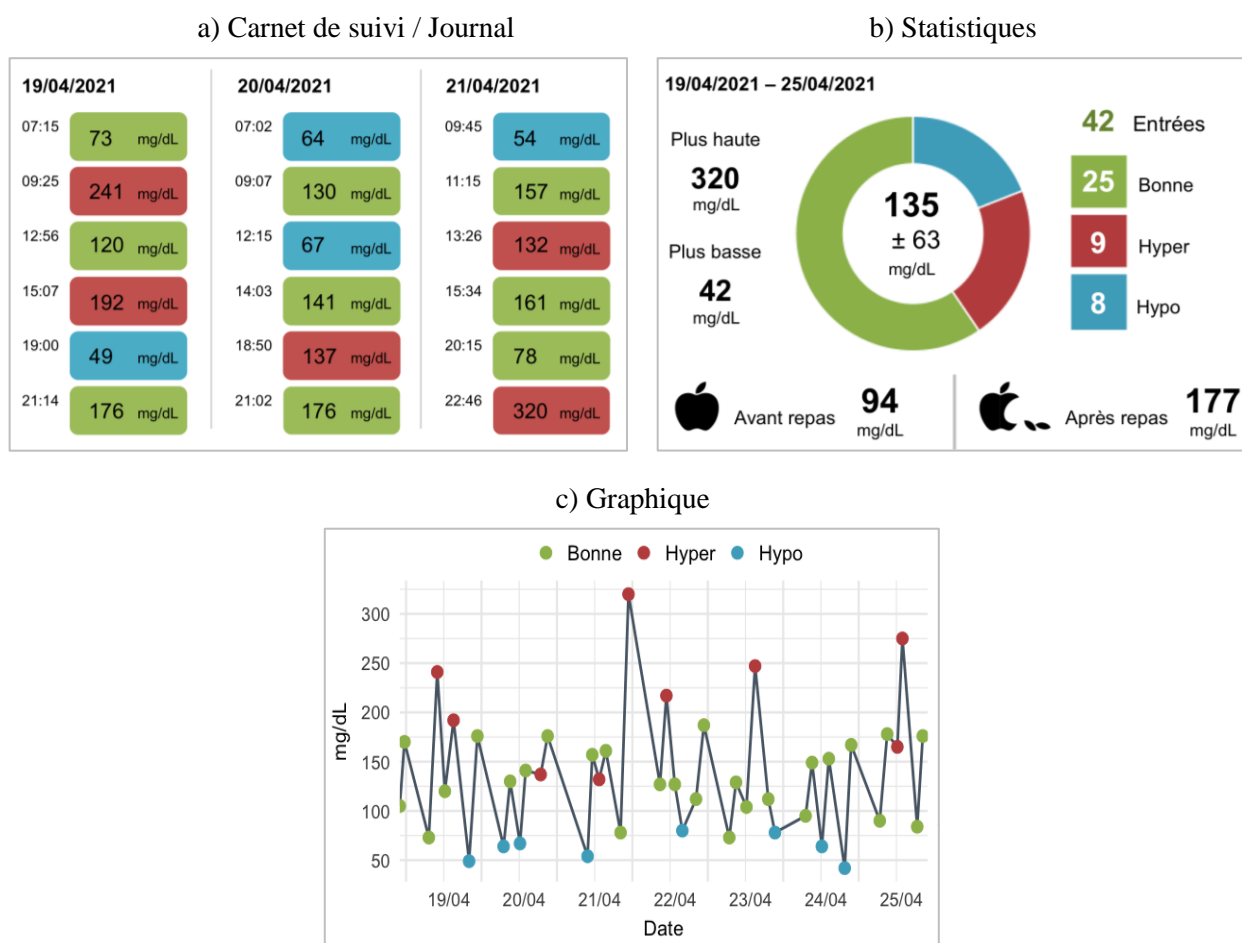


Figure 4-4 : Les types de représentations des données de santé présentés dans l'enquête (Q°36)

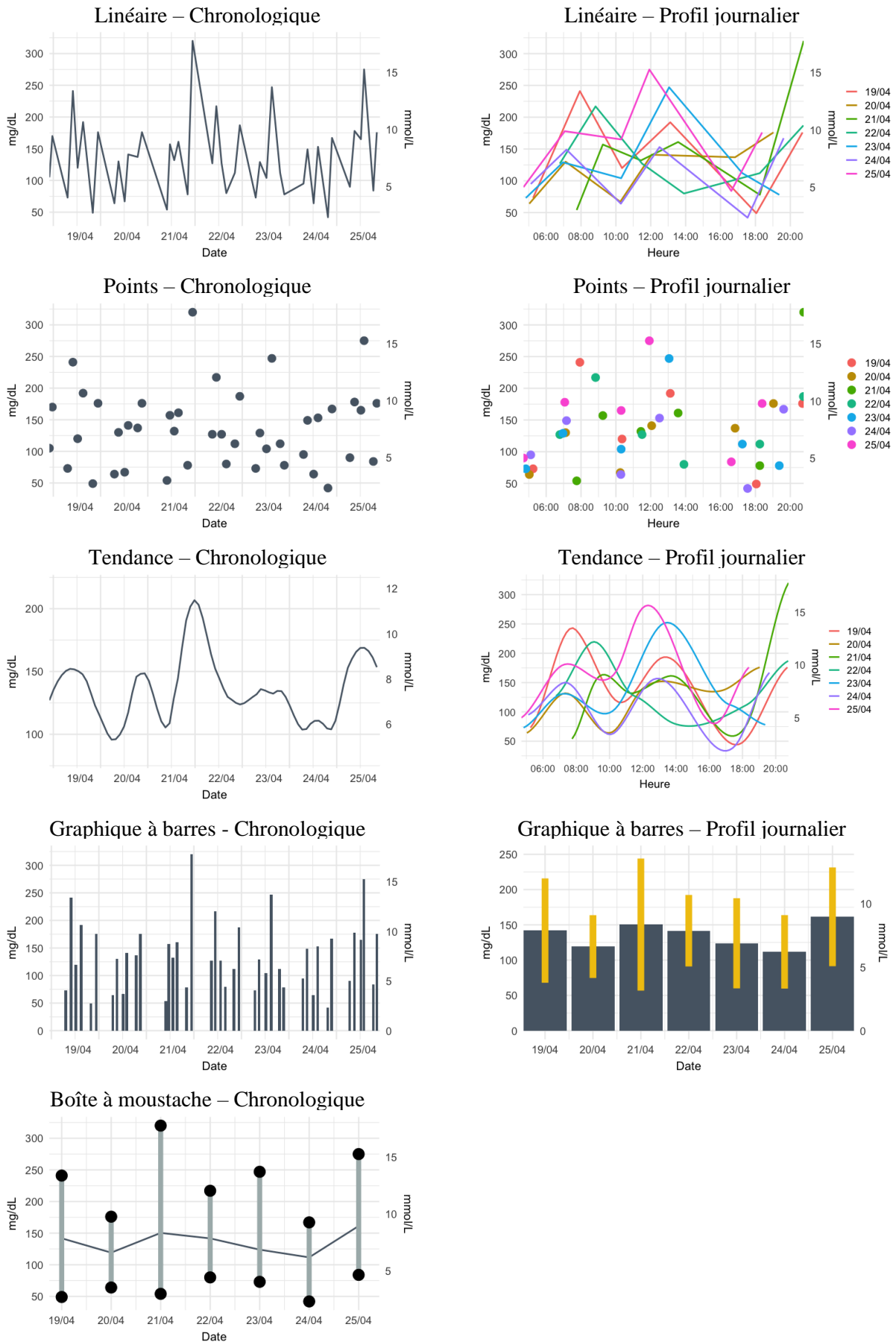


Figure 4-5 : Les graphiques présentés dans l'enquête (Q°37)

Les mêmes données de glycémie sur une période d'une semaine ont été utilisées pour tous les graphiques

4.3.2 Diffusion et participants

L'enquête a été diffusée entre le 5 juillet et le 3 novembre 2021 en France. Elle était destinée à toute personne diabétique, ayant un diabète de type 1, type 2 ou gestationnel, utilisant ou non des applications pour diabète. Les participants ont été recrutés sur la base du volontariat, principalement par les réseaux sociaux. Une clinique spécialisée dans le suivi de la nutrition a également diffusé le questionnaire auprès de patients diabétiques.

128 participants ont répondu à l'enquête : 104 femmes et de 24 hommes, âgés en moyenne de 46 ans et de nationalités française, canadienne, belge, algérienne, suisse, espagnol, norvégienne, congolaise, nigérienne, tunisienne et zairoise. 83 (65%) participants sont atteints d'un diabète de type 1 et 45 (35%) participants sont atteintes d'un diabète de type 2, insulino-dépendant ou non. Ils ont été diagnostiqués de leur diabète en moyenne à l'âge de 31 ans. Les participants atteints d'un diabète de type 1 sont principalement traités sur la base d'injection d'insuline, associée parfois à une alimentation équilibrée et une activité physique régulière. Les participants atteints d'un diabète de type 2 sont davantage traités par une association équilibrée de plusieurs méthodes : antidiabétiques oraux ou injectables, alimentation équilibrée, injections d'insuline et activité physique.

4.3.3 Quelques résultats

Les résultats de l'enquête ont été synthétisés sous forme de graphiques fournis en Annexe C. Nous rapportons dans cette partie quelques résultats, les plus utiles pour la suite de la recherche.

Les résultats nous ont permis de mieux comprendre le **suivi de la glycémie** par les personnes diabétiques. La glycémie est la donnée de santé la plus suivie par les participants (Q° 8). 93% (119/128) des participants ont indiqué mesurer régulièrement leur glycémie : 98% des personnes atteintes d'un diabète de type 1 et 84% des personnes atteintes d'un diabète de type 2 (Q° 9). Les personnes atteintes d'un diabète de type 1 mesurent en moyenne 9,5 fois leur glycémie par jour et les personnes atteintes d'un diabète de type 2, 4,9 fois par jour (Q° 11, Figure 4-6). Les personnes atteintes d'un diabète de type 2 mesurent davantage leur glycémie à heure fixe, tandis que les personnes atteintes d'un diabète de type 1 mesurent leur glycémie à heure fixe, mais aussi en fonction de leurs sensations (fatigue, humeur, ressentie du corps, soif, etc.) ou dans d'autres conditions (conduite, activité sportive, alarme ou tout au long de la journée) (Q° 13). La mesure de la glycémie s'effectue surtout au lever, avant le déjeuner, avant le dîner et au coucher (Q° 14). Ces résultats révèlent donc l'importance du suivi de la glycémie pour la gestion du diabète, montrant la pertinence de se concentrer sur la représentation des données de glycémie.

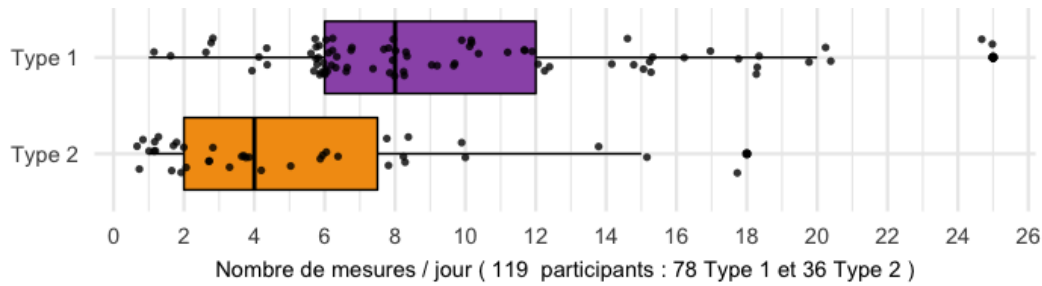


Figure 4-6 : Résultats enquête Q° 11 : nombre de mesures de glycémie par jour

Les résultats permettent de comprendre le **contexte d'utilisation** d'applications et fournissent un aperçu sur l'utilisation de la **santé à distance** par les personnes diabétiques.

L'**application** est le support le plus utilisé comme carnet de suivi (par 44% des participants), outil essentiel à la gestion du diabète (Q° 7). Plus de la moitié des participants (59%) utilise des applications pour le suivi du diabète (Q° 18) : 66% des personnes atteintes d'un diabète de type 1 et 47% des personnes atteintes d'un diabète de type 2. FreeStyle LibreLink est l'application la plus utilisée, suivi de Gluci-check et myDiabby (Q° 19, Figure 4-7). Ces applications sont utilisées plusieurs fois par jour (Q° 20, Figure 4-8) et les données de santé y sont généralement entrées par des objets connectés (Q° 21). Les autres applications pour la santé sont utilisées par 29% des participants (Q° 22), généralement quotidiennement (Q°24), pour le suivi de la santé générale, de l'alimentation et des activités sportives (Q°23).

Les **objets connectés** pour la santé sont utilisés par 66% des participants, généralement quotidiennement (Q° 17) et davantage par les personnes atteintes d'un diabète de type 1 (76%) que par les personnes atteintes d'un diabète de type 2 (47%) (Q° 15). Les plus utilisés sont le glucomètre à capteur sous-cutané et la pompe à insuline (Q° 16).

Ces résultats confirment que les outils de santé à distance sont de plus en plus présents dans la vie quotidienne des personnes diabétiques, montrant l'intérêt de s'intéresser à leur conception.

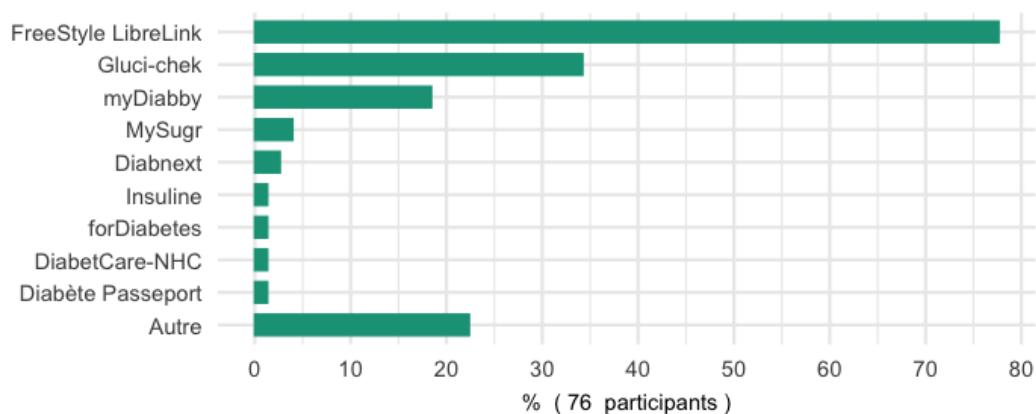


Figure 4-7 : Résultats enquête Q° 19 : applications utilisées pour le suivi du diabète

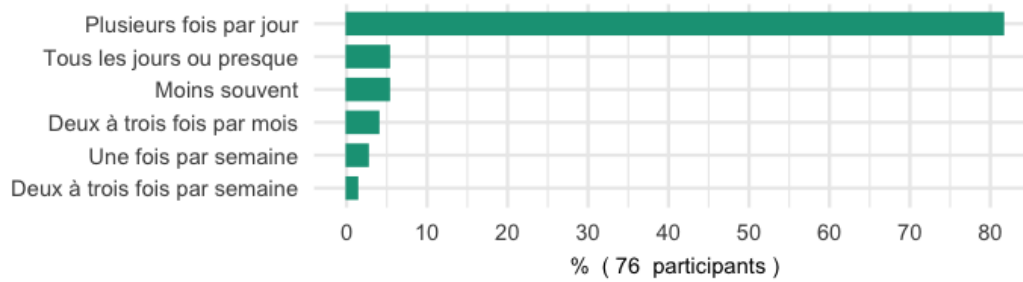


Figure 4-8 : Résultats enquête Q° 20 : fréquence d'utilisation des applications pour le suivi du diabète

Les **raisons d'utilisation** des objets connectés et/ou applications de santé par les participants sont principalement la gestion du diabète (pour 91% des utilisateurs). Les personnes les utilisent aussi pour être autonomes et contrôler leur santé, faciliter la communication avec les professionnels de santé, se motiver à atteindre leurs objectifs et améliorer leur santé (Q° 26).

La majorité des personnes (51%) ne rencontre pas de freins particuliers les limitant ou les empêchant d'utiliser ces outils. Cependant, les **principaux problèmes** rapportés (Figure 4-9, Q° 27) sont le manque d'intérêt et de motivation dans le suivi des données (19%) et le fait que ces outils ne soient pas utilisés ou conseillés par leurs équipes médicales (16%). Le ressenti d'émotions négatives est cité par 11% des personnes, même proportion pour la difficulté d'utilisation et l'obsession dans le suivi des données de santé. Nous notons que la plupart de ces freins, comme le manque de motivation, la génération d'émotions négatives, la difficulté d'utilisation et l'obsession, relève surtout d'**états individuels**, montrant l'importance de l'expérience-patient pour favoriser l'utilisation des outils de santé à distance.

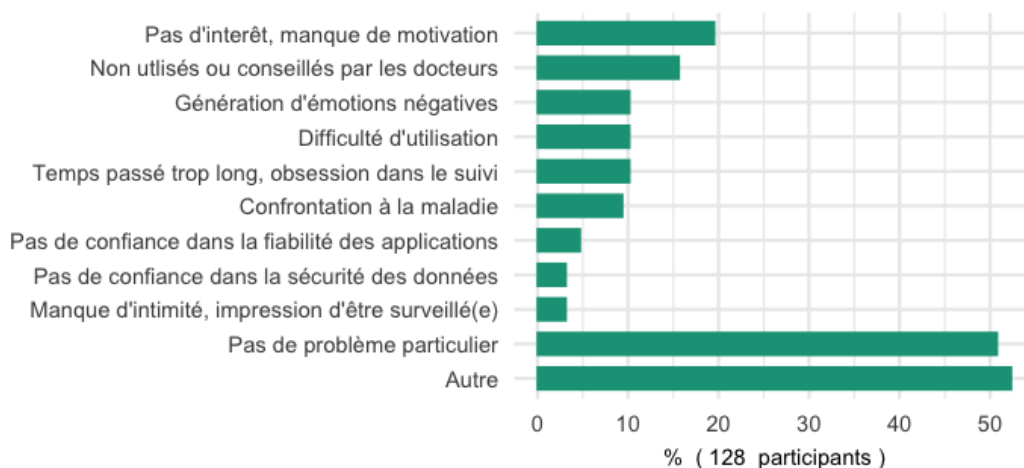


Figure 4-9 : Résultats enquête Q° 27 : problèmes rencontrés ou raisons de non-utilisation d'objets connectés et/ou applications de santé

Les **émotions** ressenties par les personnes diabétiques lors du suivi de la glycémie sont variées et dépendent des mesures de glycémie (Q° 28-30, Figure 4-10). Lorsque les mesures ne sont pas dans la cible souhaitée, la plupart des personnes ressentent des émotions négatives. En cas d'hyperglycémie, les émotions sont plutôt à fortes intensités, liées à la frustration, la contrariété ou l'agacement. En cas d'hypoglycémie, les émotions sont plutôt à faibles intensités, liées à l'ennui, la fatigue ou l'indifférence. Lorsque les mesures sont dans la cible, davantage d'émotions positives sont générées.

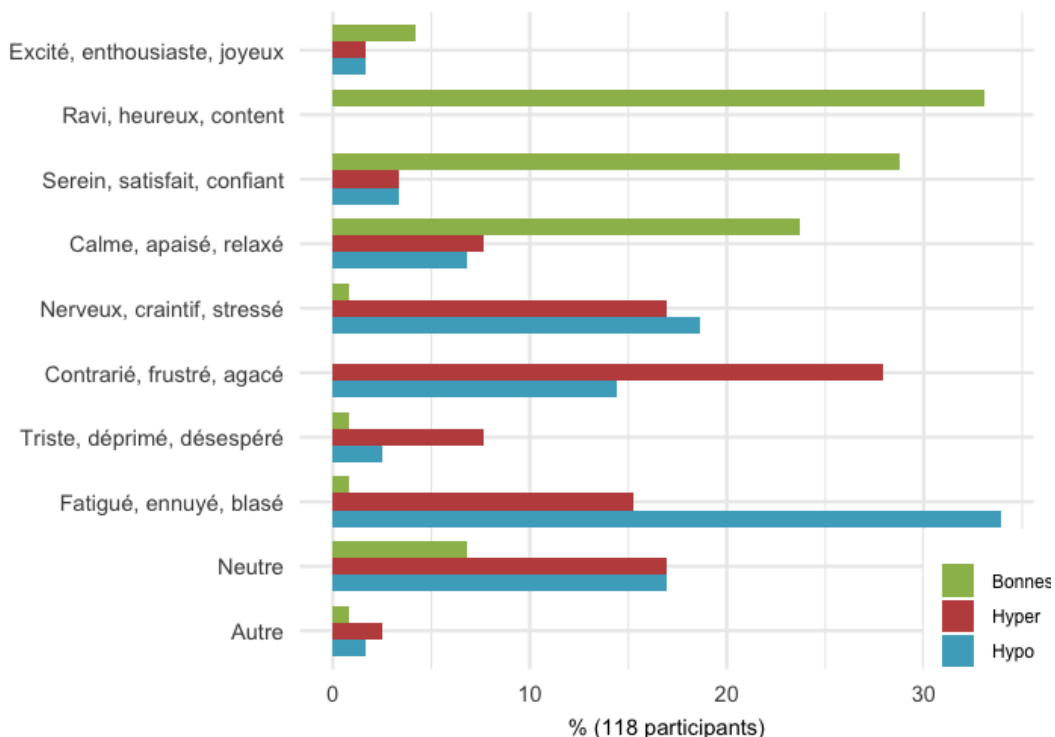


Figure 4-10 : Résultats enquête Q° 28-30 : émotions ressenties du suivi de la glycémie, pour trois niveaux : hyperglycémie, hypoglycémie et lorsque les mesures sont dans la cible

Les résultats apportent également un éclaircissement sur les **émotions souhaitées** lors du suivi de la glycémie. L'émotion liée à la sérénité, la satisfaction et la confiance est la plus citée, par 41% des participants (Q° 31, Figure 4-11). Par ailleurs, la plupart des personnes (59%) rencontrent au moins un problème d'ordre émotionnel dans le suivi général de leur glycémie (Q° 32, Figure 4-12). La frustration de ne pas atteindre les objectifs glycémiques est le problème le plus cité, par 28% des participants. Ces résultats sont en accord : à partir de la modélisation des émotions (Figure 4-3), nous remarquons que les émotions de contrariété, de frustration et d'agacement sont opposées en activation et valence aux émotions de sérénité, de satisfaction et de confiance. Pour atteindre la satisfaction des patients, il faut donc réduire les éléments de frustration.

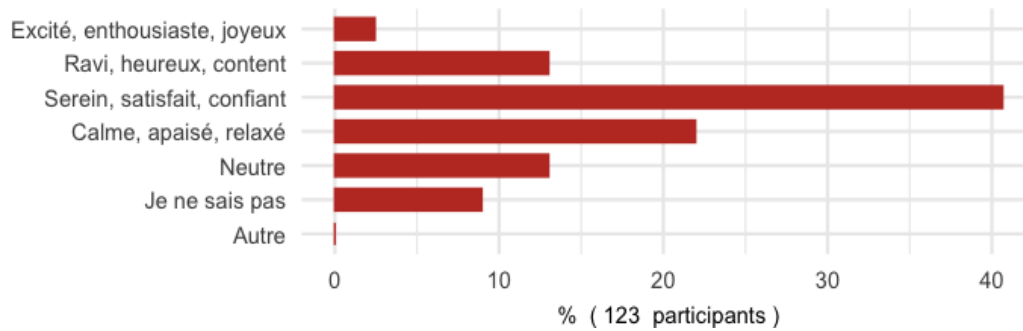


Figure 4-11 : Résultats enquête Q° 31 : émotions souhaitées lors des mesures de glycémie

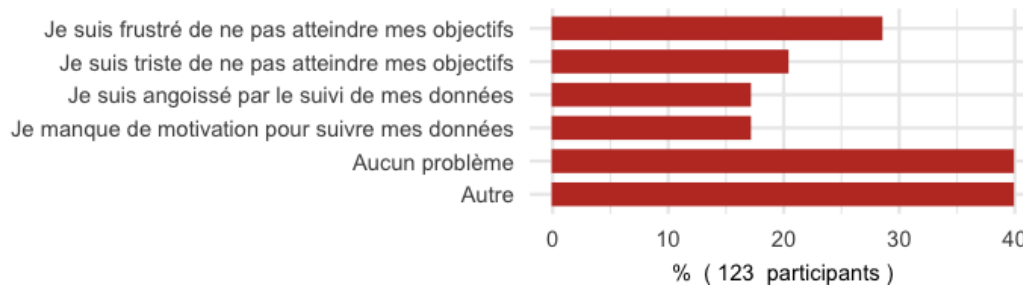


Figure 4-12 : Résultats enquête Q° 32 : problèmes émotionnels rencontrés

Les participants ont également indiqué leurs **préférences** dans les applications pour le suivi du diabète, notamment concernant la représentation des données de santé. Nous ne notons pas de grandes différences dans les préférences entre les types de représentation, qui sont le carnet de suivi, les statistiques et les graphiques (Figure 4-13, Q°30). Nous supposons donc qu'il est important de fournir ces trois représentations sur une application. Trois graphiques semblent être préférés : la courbe linéaire chronologique, la tendance chronologique et la tendance par profil journalier (Figure 4-14, Q°33). Les participants préfèrent ne pas annoter les graphiques par les repas (Q°34). Deux données statistiques sont notées comme plus intéressantes à suivre : la moyenne de la glycémie et la moyenne par moments de la journée (Q°32). Les participants préfèrent aussi suivre les statistiques et graphiques sur une période d'une semaine (Q°31). Ces informations sur les préférences-patients seront particulièrement utiles pour la suite de l'étude.

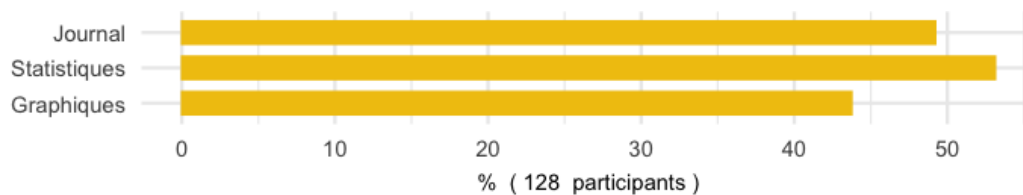


Figure 4-13 : Résultats enquête Q° 36 : préférences dans les types de représentation des données de santé (cf. Figure 4-4)

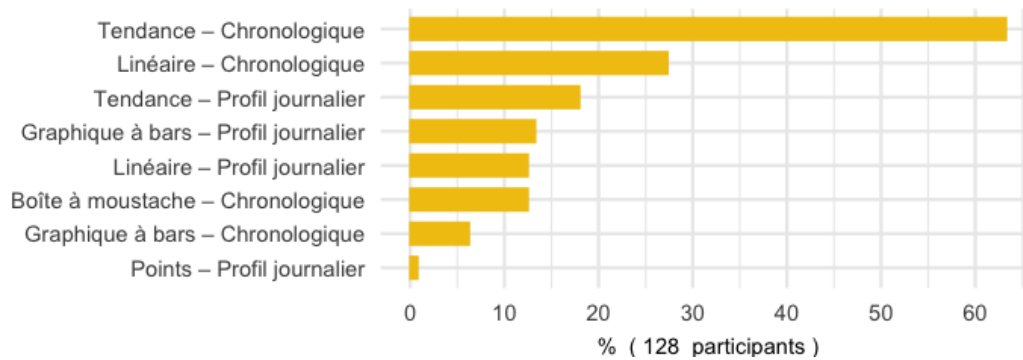


Figure 4-14 : Résultats enquête Q° 37 : préférences dans la représentation des graphiques (cf. Figure 4-5)

4.3.4 Discussion et conclusion

Cette enquête réalisée auprès de personnes diabétiques met en évidence l'omniprésence du suivi de glycémie, par le nombre de personnes diabétiques mesurant leur glycémie quotidiennement et par le nombre de mesure effectuée par jour. Les applications pour gérer le diabète sont aussi grandement utilisées dans la vie quotidienne des patients, montrant l'importance de la **représentation des données de glycémie sur une application**.

Les émotions ressenties par les personnes diabétiques lors du suivi de la glycémie peuvent être variées et intenses. Des mesures en hypoglycémie ou en hyperglycémie génèrent des émotions majoritairement négatives dues notamment à la frustration de ne pas atteindre des objectifs. Favoriser des émotions liées à la **satisfaction**, la sérénité et la confiance peut aussi permettre d'encourager l'utilisation des outils de santé. Ces résultats confirment la nécessité de considérer l'expérience-patient dans la conception des applications pour le suivi du diabète.

Les résultats de cette enquête sont à mettre en regard avec l'**échantillon des participants**. La proportion de femmes et d'hommes à avoir répondu au questionnaire (respectivement 81%-19%) est différente de la proportion de femmes et d'hommes atteints de diabète (47%-53%). De même, la proportion de personnes atteintes de diabète de type 1 et de type 2 dans notre échantillon de participants (respectivement 65%-35%) est aussi différente de celle dans le monde (10%-90%). Ces différences peuvent s'expliquer par les méthodes de recrutement effectuées en grande partie sur les réseaux sociaux. Il semblerait que les femmes et les personnes atteintes d'un diabète de type 1 soient plus présentes et actives sur les réseaux sociaux. Le diabète de type 2 touche davantage des personnes plus âgées, moins présentes sur les réseaux sociaux. Le questionnaire étant en français, la majorité des participants sont français et résident en France. De plus, la plupart des participants étant présents sur les réseaux sociaux, ils sont certainement plus familiers avec l'utilisation d'applications par rapport à l'ensemble de la population.

D'autre part, l'enquête étant effectuée **en ligne**, nous ne pouvons pas, ou difficilement, clarifier certaines questions auprès des participants ou s'assurer qu'ils les interprètent de la bonne façon. Finalement, le questionnaire traitait un **sujet sensible**, certains participants ont pu avoir de fortes réponses émotionnelles, pouvant générer des distorsions dans les réponses.

Finalement, les questions posées pourront être réutilisées pour d'autres types d'applications.

Cette enquête confirme l'importance de notre cas d'application centré sur le **suivi de la glycémie sur une application** pour le suivi du diabète. Elle montre que les émotions ressenties lors du suivi de la glycémie peuvent être intenses et variées, et met en évidence l'importance de l'**expérience-patient** dans l'utilisation des outils de santé à distance.

*Cette enquête fournit une première base d'informations sur les **préférences-patients** utiles pour la suite de l'étude.*

4.4 Optimisation de l'interface de santé améliorant la satisfaction-patient

4.4.1 Objectif du problème d'optimisation

L'enquête précédente a permis d'obtenir le point de vue des personnes diabétiques sur l'utilisation des applications pour le suivi du diabète. Cette partie vise maintenant à optimiser la représentation des données de glycémie sur une interface d'application afin d'améliorer les préférences-patients. Nous répondrons aux questions suivantes :

- **Quelles sont les variables d'interface qui influencent les préférences-patients ?**
- **Quelles sont les pistes de conception maximisant les préférences-patients ?**
- **Y a-t-il une influence des caractéristiques individuelles, notamment de la culture ?**
- **Quelles sont les relations entre satisfaction, qualité perçue, émotions et intention ?**

Nous avons mis en place un **problème d'optimisation** basé sur un objectif, des variables d'interface et un algorithme génétique interactif intégré au sein d'une expérimentation.

L'objectif du problème est de **maximiser la préférence-utilisateur**. Nous supposons que la préférence est directement corrélée à la satisfaction : plus une interface est appréciée, plus elle satisfait l'utilisateur. Nous supposons également que la satisfaction est liée à d'autres aspects de l'expérience-patient : aux émotions, à la qualité perçue de l'interface, pouvant impacter les intentions d'utilisation de l'application. Nous modélisons ces relations en Figure 4-15.

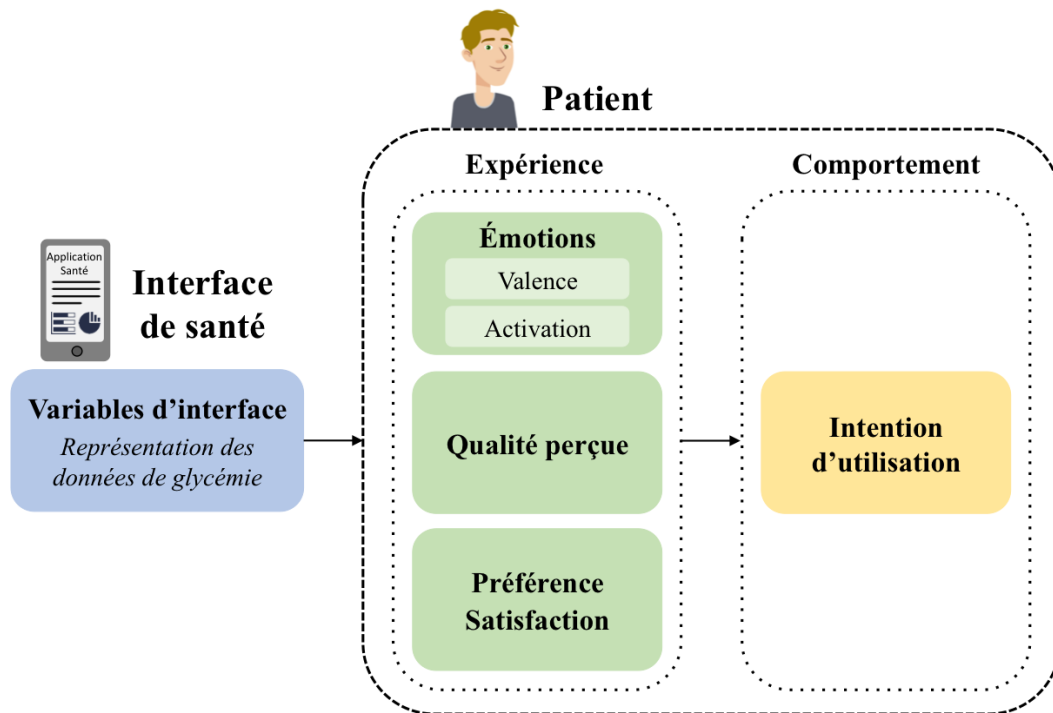


Figure 4-15 : Modélisation de l'expérience-patient face aux variables d'interface

4.4.2 Variables d'interface

A l'étape 1 (Partie 4.2), trois types de représentation des données de glycémie ont été observés sur les applications existantes : le carnet de suivi (journal), les statistiques et les graphiques. Via l'enquête (étape 2, Partie 4.3), nous n'avons pas constaté de fortes différences de préférences dans ces trois types de représentation, que nous avons donc conservé pour cette étude.

Différentes spécificités pour ces trois types de représentation ont été répertoriées à l'étape 1 (Tableau 4-2), nous permettant de mettre en place les variables d'interface de notre problème. Nous avons défini **8 variables d'interface**, fournies en Tableau 4-6, regroupées en 4 catégories : l'**Application générale (A)**, le **Journal (J)**, les **Statistiques (S)** et le **Graphique (G)**. Chaque variable a entre 2 et 4 modalités, pour un total de 4456 combinaisons possibles.

En particulier, les modalités de certaines variables ont été réduites grâce à l'enquête de l'étape 2. Nous avons conservé les 4 représentations graphiques préférées : Linéaire – Chronologique, Linéaire – Profil Journalier, Graphique à bar – Profil Journalier et Boîte à moustache – Chronologique. Les graphiques Linéaire et Tendence étant très proches, nous les avons regroupés. Les données statistiques peuvent être dissociées entre les valeurs statistiques (la moyenne, la variation autour de la moyenne, les moyennes avant et après les repas, les mesures la plus haute et la plus basse) et les proportions (en hypoglycémie, hyperglycémie et dans la cible) avec différentes représentations pour ces deux catégories.

Variables	Modalités
A : Général	AC : Couleur principale 1 : Vert 2 : Orange 3 : Violet 4 : Bleu
	AI : Indications colorées sur les mesures 0 : Non 1 : Oui
J : Journal	JR : Représentation 1 : Texte 2 : Cadre 3 : Symbole d'une goutte
	JA : Annotation des mesures 0 : Non 1 : Texte sur le repas 2 : Flèche de variation 3 : Symboles sur le contexte
S : Statistiques	SV : Représentation des valeurs 1 : Cadre 2 : Logo 3 : Diagramme à barres
	SP : Représentation des proportions 1 : Cadre 2 : Histogramme 3 : Diagramme circulaire
G : Graphique	GR : Représentation 1 : Linéaire 2 : Linéaire profil journalier 3 : Diagramme à barres 4 : Boîte à moustache
	GI : Indication sur les repas 0 : Non 1 : Oui

Tableau 4-6 : Liste des variables d'interface du problème d'optimisation

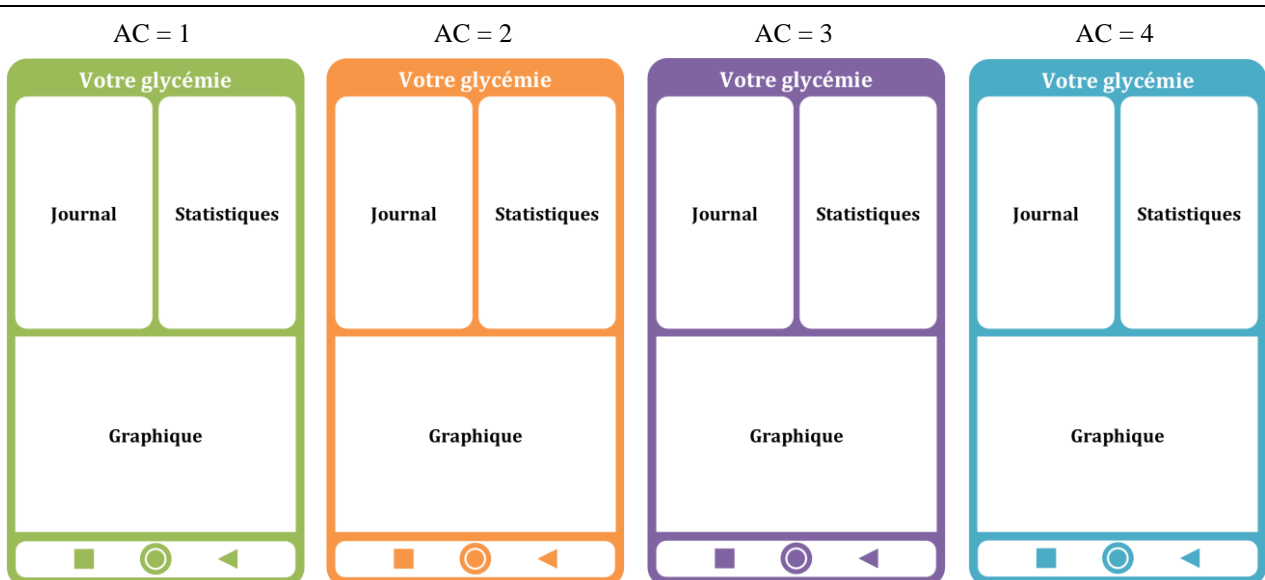
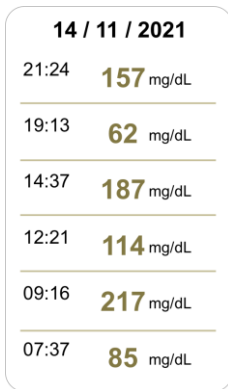


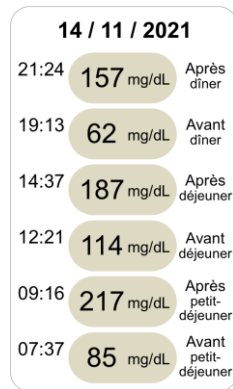
Figure 4-16 : Image de l'interface d'application utilisée pour le problème d'optimisation pour différentes couleurs (variable d'interface AC)

J : Journal

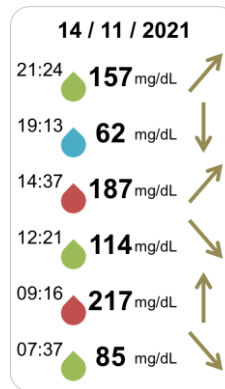
JR = 1, JA = 0, AI = 0



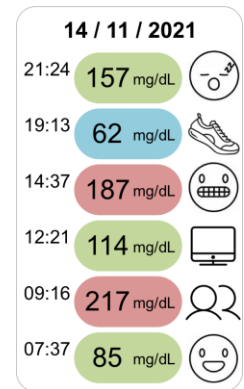
JR = 2, JA = 1, AI = 0



JR = 3, JA = 2, AI = 1

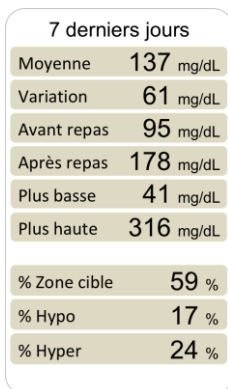


JR = 2, JA = 3, AI = 1

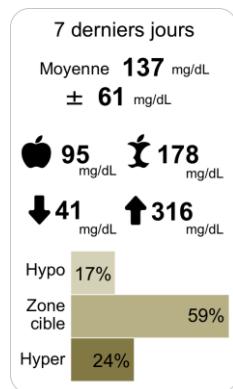


S : Statistiques

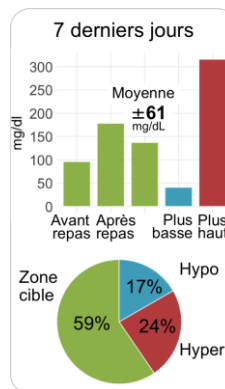
SV = 1, SP = 1, AI = 0



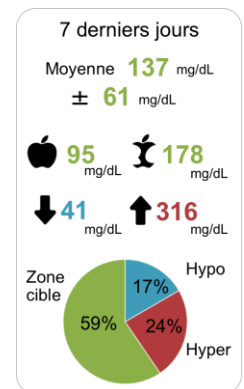
SV = 2, SP = 2, AI = 0



SV = 3, SP = 3, AI = 1

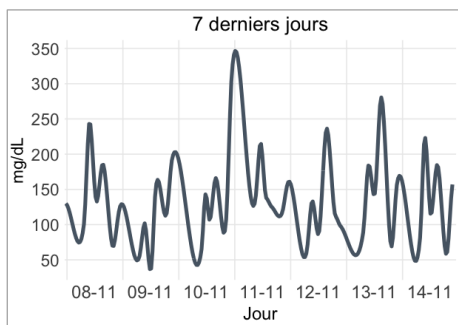


SV = 2, SP = 3, AI = 1

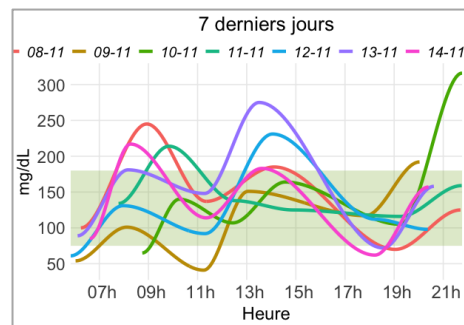


G : Graphique

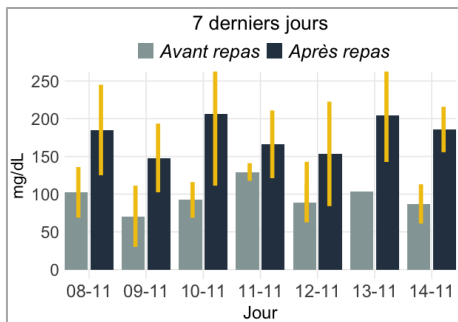
GR = 1, GI = 0, AI = 0



GR = 2, GI = 0, AI = 1



GR = 3, GI = 1, AI = 0



GR = 4, GI = 1, AI = 1

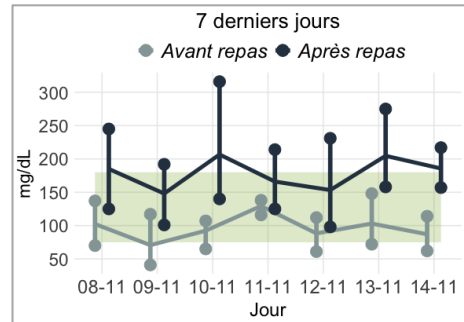


Figure 4-17 : Exemples d'images du journal, des statistiques et du graphique pour différentes combinaisons possibles des variables d'interface

Toutes les variables ont été représentées sur une seule **image d'interface** symbolisant une application (Figure 4-16), comprenant les trois types de représentation : le journal, les statistiques et le graphique. Des exemples de **combinaisons possibles** pour ces trois types de représentation sont donnés en Figure 4-17. Une période d'une semaine a été choisie (d'après les résultats de l'enquête) pour représenter les statistiques et le graphique, et une période d'une journée pour le journal. Les mêmes données de glycémie ont été utilisées pour toutes les représentations. Il s'agit des mesures transmises par une personne diabétique et représentant différents niveaux en hypoglycémie, en hyperglycémie et dans la cible souhaitée (« bonnes »). Nous pouvons préciser que la variable AI renseigne sur la présence ou non de couleurs pour interpréter les mesures de glycémie. Pour le journal et les statistiques, les couleurs bleu, rouge et vert, du texte ou des logos, interprètent respectivement les mesures en hypoglycémie, hyperglycémie et bonnes. Pour le graphique, une zone colorée verte est ajoutée pour les mesures dans la cible. Concernant la variable GI relative au graphique, la présence d'une indication sur les repas (GI=1) dissocie les courbes des mesures effectuées avant et après les repas.

4.4.3 L'algorithme génétique interactif

Un **algorithme génétique interactif (IGA)**, présenté en Partie 2.3.5, a été utilisé pour résoudre le problème d'optimisation. Il a été implémenté en langage PHP sur un site Internet et présenté à des participants. Globalement, un IGA propose aux participants une population de solutions (ou individus). À chaque génération de l'algorithme, les participants évaluent subjectivement les individus de la population (fonction fitness). Des opérations génétiques sont ensuite effectuées sur les individus pour générer une nouvelle population.

Pour notre problème d'optimisation, nous avons adapté et implémenté un IGA dont la routine, présentée en Figure 4-18, est basée sur les caractéristiques suivantes :

- Les individus sont générés sur la base des 8 variables du Tableau 4-6.
- Une population est composée de 4 individus.
- Chaque modalité de chaque variable est représentée au moins une fois dans la population initiale. Un exemple de population initiale est fourni en Figure 4-19.
- Fonction Fitness : Le participant sélectionne l'individu préféré en cochant la case associée à l'interface qu'il préfère.
- Lors de chaque génération, une opération de mutation, de recombinaison ou de sélection (voir Figure 4-18) est appliquée sur chaque individu (parent) avec respectivement un taux de R_m , R_c et $R_s = 1 - R_m - R_c$.

- Lors d'une mutation, la modalité d'une variable de l'individu parent est modifiée aléatoirement, permettant de diversifier la population.
- Lors d'une recombinaison, l'individu est croisé avec un 2nd « parent » sélectionné dans la population restante, favorisant l'individu préféré avec un coefficient W . Le point de croisement est choisi aléatoirement dans la chaîne des variables. L'ordre de croisement est également aléatoire.
- Lors de la première itération, $W=2$, et augmente de 1 à chaque génération.
- Lors d'une sélection, l'individu parent ne subit aucune modification.
- L'algorithme continue jusqu'à ce que le nombre maximal d'itérations ($N=40$) soit atteint ou que le participant estime que la cible est trouvée. En effet, nous supposons, pour limiter la fatigue, que les participants ne peuvent pas effectuer plus de 40 évaluations.
- La solution finale (interface favorite) et le nombre de générations sont enregistrés.

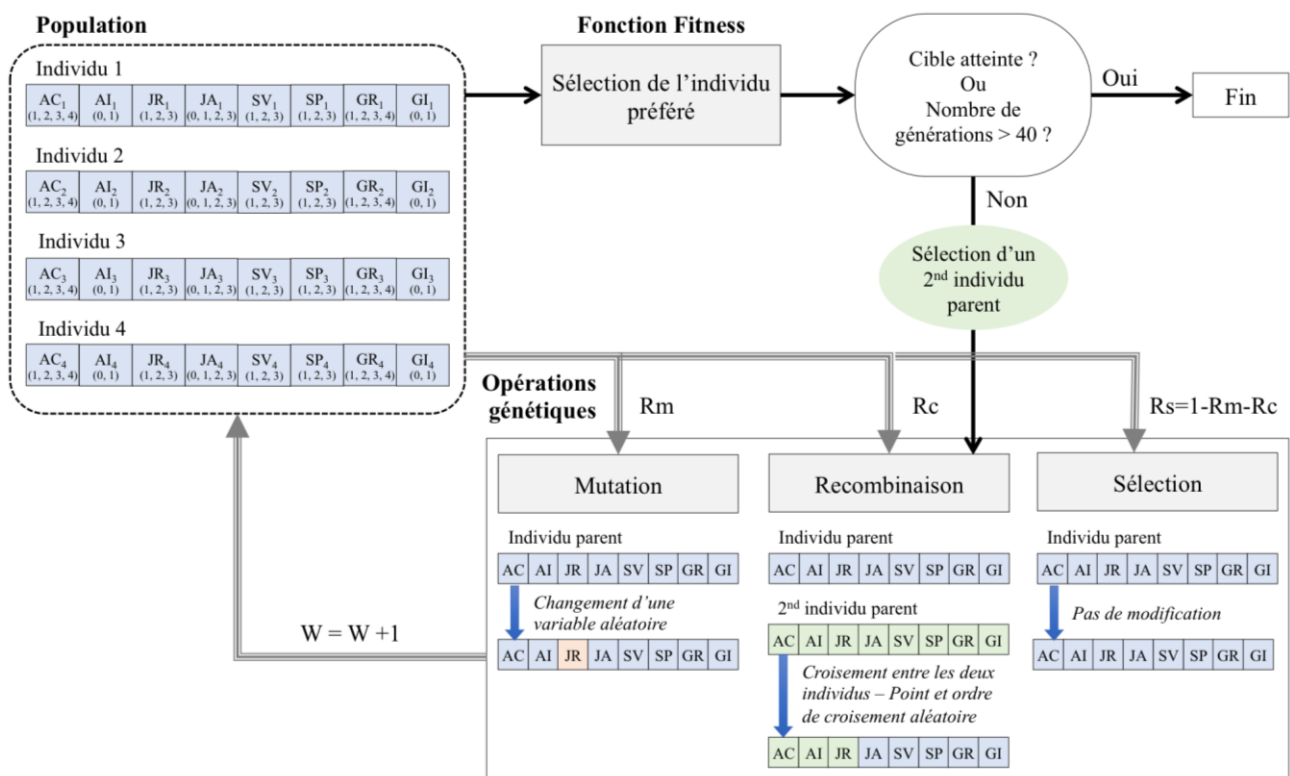


Figure 4-18 : Routine de l'IGA et représentation des opérations de mutation, croisement et sélection



Figure 4-19 : Affichage d'une population initiale par l'IGA

Un algorithme stimulant les évaluations par un participant a été créé pour déterminer les valeurs des paramètres **Rm** et **Rc** :

- Une interface cible est choisie aléatoirement dans l'espace de conception.
- Fonction Fitness : L'individu ayant la distance la plus proche de l'interface cible est sélectionné comme l'individu préféré.
- La distance entre deux individus est calculée comme : $d = 8 - N$, avec N le nombre de variables identiques entre les deux individus.
- L'algorithme s'arrête lorsqu'un individu est identique à l'interface cible à deux variables près (distance ≤ 2).
- Le nombre de générations nécessaire pour atteindre l'interface cible est enregistré.

Cet algorithme a été exécuté 1000 fois pour chaque set de paramètres (R_m , R_c), variant entre 0,1 et 0,8, avec un pas de 0,1, et tel que $R_m + R_c < 1$, afin d'avoir un taux de sélection non nul. Le nombre moyen de générations nécessaire pour atteindre une interface cible à 2 variables près a été calculé et les résultats sont représentés en Figure 4-20. Deux sets de paramètres : ($R_m=0,3$, $R_c=0,6$) et ($R_m=0,4$, $R_c=0,5$) permettent d'atteindre un plus petit nombre de générations moyen, de 36 générations. Afin d'équilibrer les taux de mutation et de recombinaison, nous avons choisi les paramètres suivants pour exécuter notre IGA : (**$R_m=0,4$** , **$R_c=0,5$** , **$R_s=0,1$**)

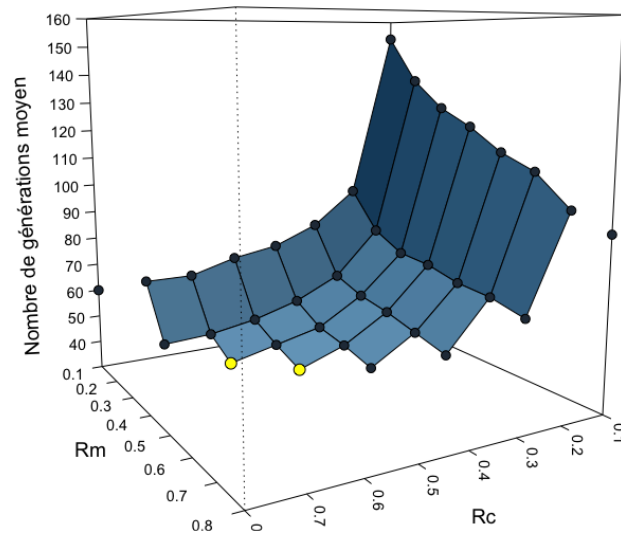


Figure 4-20 : Nombre moyen de générations (sur 1000 tests) pour atteindre une interface cible avec un IGA en mode automatique en fonction des paramètres Rm et Rc.

4.4.4 Procédure expérimentale et mesures

L'algorithme génétique interactif a été incorporé au sein d'une **procédure expérimentale** conduite en ligne, en France et Chine, auprès de participants atteints de diabète.

L'ensemble de la procédure expérimentale a été implémenté sur un site Internet, en français, codé en langage PHP et hébergé chez Hostinger, sous le nom de domaine suivant : <https://experimentation-interface-diabete.online>, accessible jusqu'à fin 2022. Un deuxième site Internet, traduit du premier en chinois, a également été créé.

La procédure expérimentale (Figure 4-21), d'une durée entre 20 et 30 minutes, comprend 3 grandes étapes : (1) la mesure des caractéristiques individuelles, (2) l'optimisation de l'interface par l'IGA et (3) l'évaluation subjective d'interfaces. Le site Internet reprend toutes ces étapes, implémentées par page successives, en fournissant au fur et à mesure les instructions nécessaires. Les participants passent ainsi de page en page en cliquant sur un bouton, sans limite de temps, pour progresser sur l'expérimentation.

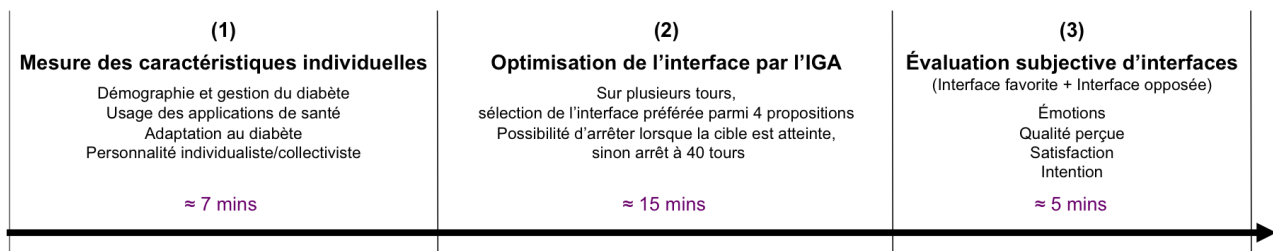


Figure 4-21 : Procédure de l'expérimentation

Les pages successives du site sont les suivantes (des captures d'écran sont en Annexe D) :

- Page 1 : Présentation du contexte (expérimentateur, laboratoire, établissement, coordonnées), des objectifs, de l'intérêt de l'expérience, du déroulement et des instructions. En particulier, il est demandé d'utiliser un ordinateur (non un smartphone) et d'ouvrir le navigateur en plein écran afin de bien afficher le contenu de l'expérience.
- Page 2 : Consentement de participation : informations sur l'étude, les droits des participants et le traitement des données. Il est précisé que toutes les données sont anonymes et sont conservées conformément à la loi RGPD. Après avoir accepté les conditions données en cochant une case, les participants peuvent passer à l'étape suivante.

La phase (1), la mesure des caractéristiques individuelles, commence :

- Page 3 : Explications et instructions
- Page 4 : Questionnaire 1 : Caractéristiques démographiques et de diabète
- Page 5 : Questionnaire 2 : Usage des applications de santé
- Page 6 : Questionnaire 3 : Acceptation du diabète
- Page 7 : Questionnaire 4 : Personnalité individualiste/collectiviste

La phase (2), l'optimisation de l'interface par l'IGA, commence :

- Page 8 : Explications sur le déroulement, instructions, présentation de l'interface et de ses différentes parties : Journal, Statistiques, Graphique, avec un exemple d'interface (Figure 4-22). En particulier, les variables utilisées pour l'exemple d'interface sont choisies aléatoirement et varient pour chaque participant.
- Page 9 : L'algorithme génétique interactif : Lors de chaque tour, une population de 4 interfaces est présentée (Figure 4-19). Le participant sélectionne son interface préférée en cochant la case associée et clique sur un bouton pour passer au tour suivant ou sur le bouton « Cible atteinte » s'il pense avoir atteint son interface favorite. Cette étape s'arrête après 40 tours si le participant ne clique jamais sur le bouton « Cible atteinte ». Le nombre de tours effectués est affiché afin de permettre aux participants de suivre leur avancement.
- Page 10 : L'interface favorite est présentée au participant. Il lui est également demandé de sélectionner la partie de l'interface (entre la couleur générale, le journal, les statistiques, le graphique ou l'ensemble) sur laquelle il se concentrerait pour faire ses choix.

La phase (3), l'évaluation subjective d'interfaces, commence :

- Page 11 : Explications et instructions
- Page 12 : Deux interfaces sont présentées aux participants dans un ordre aléatoire : l'interface favorite et une interface « opposée ». L'interface opposée correspond à une

interface pour laquelle chaque variable est différente de l'interface favorite et choisie aléatoirement parmi les possibilités. Les expériences subjectives face à chaque interface en termes d'émotions ressenties, de qualité perçue, de satisfaction et d'intention d'utilisation sont ensuite questionnées. Les questions sont données en Figure 4-23.

- Page 13 : Remerciement du participant et ajout possible de commentaires.

Prochaine partie ...

La partie suivante se concentre sur la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète.

Sur plusieurs tours, 4 interfaces seront affichées, et nous vous demanderons de sélectionner votre interface préférée : l'interface vous satisfaisant le plus.

Toutes les interfaces affichées représenteront les mêmes données de glycémie, mais de différentes façons.

Les interfaces comprennent 3 parties :

Journal

Liste des mesures de glycémie effectuées sur une journée (en mg/dL) avec l'heure des mesures. Une annotation sur chaque mesure pourra aussi être affichée sur la droite.

Votre glycémie

14 / 11 / 2021

7 derniers jours

21:24	157 mg/dL
19:13	62 mg/dL
14:37	187 mg/dL
12:21	114 mg/dL
09:16	217 mg/dL
07:37	85 mg/dL

Moyenne 137 mg/dL
± 61 mg/dL

95 mg/dL 178 mg/dL
↓ 41 mg/dL ↑ 316 mg/dL

% Zone cible 59 %
% Hypo 17 %
% Hyper 24 %

7 derniers jours

● Avant repas ● Après repas

300
250
200
150
100
50
0

08-11 09-11 10-11 11-11 12-11 13-11 14-11

Jour

Statistiques

Statistiques sur les mesures de glycémie effectuées sur une semaine :

- Moyenne générale des mesures de glycémie,
- Variation autour de la moyenne,
- Moyennes des mesures prises avant et après les repas,
- Mesures la plus haute et la plus basse,
- Proportion en hypo, hyper et dans la cible.

Pour chaque tour, lorsque vous avez sélectionné votre interface préférée, cliquez sur le bouton **Tour suivant**

Au fur et à mesure des tours, les interfaces proposées vont converger vers votre interface optimale : votre interface favorite.

Cette étape comprend 40 tours.

Le nombre de tours peut paraître impressionnant, mais rassurez-vous, vous allez vous familiariser avec les interfaces au fil de tours et répondre plus facilement et rapidement.

Si vous pensez avoir atteint votre interface favorite avant la fin des 40 tours, vous pourrez cliquer sur le bouton **Cible atteinte**

Figure 4-22 : Page (8) du site internet : explication sur l'optimisation d'interface par un IGA

Les **caractéristiques individuelles** ont été mesurées lors de la phase (1) de l'expérimentation par quatre questionnaires. Il est demandé aux participants de choisir les réponses qui leur paraissent la plus proche de la réalité au cours des six derniers mois en se basant sur leurs habitudes, impressions et sentiments. Les questionnaires sont fournis sur les pages du site Internet en Annexe D. Les caractéristiques suivantes ont été mesurées :

- Caractéristiques démographiques et de diabète : âge, genre, nationalité, pays de résidence, type de diabète, âge lors du diagnostic et fréquence de mesure de glycémie.
- Usage des applications de santé : habitudes des participants dans les pratiques de la santé à distance, en particulier concernant l'utilisation d'applications de santé. Un questionnaire de 10 items, notés sur des échelles de Likert en 5 points, a été créé.
- Acceptation du diabète : sentiments et attitude d'adaptation face au diabète. L'*Appraisal of Diabetes Scale* [258] comprenant 7 items notés sur des échelles de Likert de 5 points a été utilisé.
- Personnalité individualiste/collectiviste : la personnalité culturelle des participants sur la base de la dimension d'individualisme/collectivisme du modèle de Hofstede. La version courte du *Horizontal and Vertical Individualism and Collectivism Scale* [259], comprenant 14 items notés sur des échelles d'accord de Likert en 9 points, a été utilisée.

L'**évaluation subjective d'interfaces** en phase (3) repose sur un questionnaire (Figure 4-23), basé sur des échelles de Likert en 9 points, et pour lequel les participants devaient y répondre instinctivement en se basant sur leurs sentiments lorsqu'ils consultaient l'interface favorite et une interface opposée. Les aspects suivants de l'expérience-patient ont été mesurés :

- Émotions perçues : par les deux échelles des dimensions de valence et d'activation du *Self-Manikin Assessment (SAM)* [110] représentent des personnages graphiques.
- Qualité perçue : par quatre items sur la facilité de compréhension des données, le plaisir à visualiser les données, la rencontre des besoins et la confiance procurée, issues du WebQual [260].
- Satisfaction : par un item sur le niveau de satisfaction vis-à-vis de la représentation des données de glycémie.
- Intention d'utilisation : par deux items sur l'intention de recommandation et d'utilisation de l'interface.

Répondez aux questions suivantes concernant l'interface affichée ci-dessous.

Quel est votre niveau de plaisir lorsque vous consultez ces données ?

Négatif
paniqué(e)
irrité(e)
peiné(e)
ennuyé(e)

Positif
joyeux(se)
ravi(e)
confiant(e)
relaxé(e)

Quel est votre niveau d'intensité émotionnelle lorsque vous consultez ces données ?

Faible
détendu(e)
relaxé(e)
indifférent(e)
blasé(e)

Forte
excité(e)
euphorique
agité(e)
effrayé(e)

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Neutre	D'accord	Tout à fait d'accord
Les données de glycémie sont faciles à lire et à comprendre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cette représentation est visuellement plaisante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cette représentation répond à mes besoins	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cette représentation me donne confiance	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
En général, je suis satisfait(e) par cette représentation des données	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je pourrais recommander cette représentation pour une application	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
J'utiliserais l'application avec cette représentation des données	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figure 4-23 : Page (12) du site Internet : questionnaire sur l'expérience subjective d'une interface : émotions, qualité perçue, satisfaction et intention d'utilisation

4.4.5 Déroulement et participants

L'expérimentation s'est déroulée entre décembre 2021 et mars 2022. En France, les participants ont été recrutés sur les réseaux sociaux et avec l'aide de membres de l'Association Française des Diabétiques des Pays de la Loire (AFD44) ayant diffusé des annonces mails au sein de l'association. En Chine, les participants ont été recrutés au sein de l'Université Tsinghua avec l'aide de deux étudiants de l'université. Lors des recrutements, les participants ont été informés du contexte, des objectifs, de la durée, des principales étapes de l'expérimentation et de l'utilisation qui sera faite des données. Quelques instructions, notamment sur le fait d'utiliser un ordinateur et non un Smartphone, ainsi que le contact de l'expérimentateur, ont également été fournis. Toute personne ayant un diabète de type 1, type 2 ou autre, utilisateur ou non d'applications de santé, pouvait effectuer l'expérimentation.

69 personnes ont pris part à l'expérimentation : 51 personnes en France, et 18 en Chine, 38 femmes et 31 hommes, ainsi que 39 personnes atteintes d'un type 1 et 30 personnes atteintes d'un diabète de type 2. Les caractéristiques individuelles des participants mesurées à la phase (1) sont synthétisées en Tableau 4-7. Il est important de noter que les participants en Chine sont plus âgés, tous atteints d'un diabète de type 2 et ont été diagnostiqués du diabète plus récemment. Les corrélations entre ces données sont étudiées dans la Partie 4.4.6 Résultats.

	France			Chine		
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne
Nombre de participants	51			18		
Caractéristiques démographique et de diabète						
Âge	18	86	47,31	59	82	67,67
Genre	26 Femmes – 25 Hommes			12 Femmes – 6 Hommes		
Nationalité	48 France – 1 Algérie – 1 Belgique – 1 Canada			18 Chine		
Pays de résidence	48 France – 1 Algérie – 1 Maroc – 1 Canada			18 Chine		
Type de diabète	39 Type 1 – 12 Type 2			0 Type 1 – 18 Type 2		
Année de diagnostic (Nombre d'année depuis le diagnostic)	2	50	20,25	2	33	12,56
Habitudes et traits individuels						
Mesure de la glycémie (Nombre de fois par jour)	0	22	7,33	0	2	0,50
Usage applications de santé (10 : Pas d'utilisation du tout – 50 : Très forte utilisation)	10	49	32,90	10	31	11,58
Acceptation du diabète (7 : Très positive – 35 : Très négative)	10	28	19,20	11	23	19,50
Personnalité Individualiste/collectiviste (14 : Individualisme – 126 : Collectivisme)	52	104	74,78	70	86	76,28

Tableau 4-7 : Caractéristiques individuelles des participants

Tous les participants ont effectué l'**IGA** (phase 2) en moyenne en 18,32 tours pour atteindre leur interface préférée : 16 participants ont été au bout des 40 tours et 53 participants ont atteint leur interface favorite avant. Les participants ont majoritairement indiqué s'être concentrés sur l'ensemble des variables pour faire leur choix (Figure 4-24).

Différentes **analyses statistiques**, décrites dans la partie suivante, ont été effectuées sur les données collectées : caractéristiques individuelles, préférences dans les variables d'interface et expérience-patient (émotion, satisfaction, qualité perçue et intention d'utilisation) face à l'interface favorite et une interface opposée.

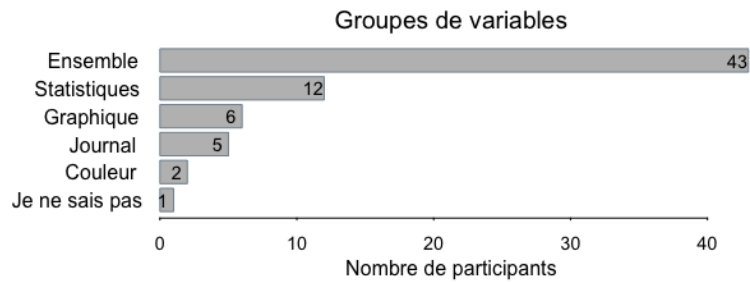


Figure 4-24 : Variables d'interface sur lesquels les participants ont indiqué se concentrer pour faire leur choix lors de l'IGA

4.4.6 Résultats

Les corrélations entre les **caractéristiques individuelles**, collectées en phase (1) de l'expérimentation, ont été examinées en étudiant l'effet des caractéristiques démographiques et de diabète (âge, culture, genre, type de diabète et année de diagnostic) sur les habitudes et traits individuels (mesure de la glycémie, usage des applications de santé, acceptation du diabète et personnalité individualiste/collectiviste). Différentes classes sur les caractéristiques démographiques et de diabète ont été formées (Tableau 4-8), chacune comportant deux groupes de participants. Nous avons supposé que les personnes recrutées en France appartiennent au groupe de culture France, malgré leur nationalité ou leur pays de résidence pouvant être situés en Algérie, Maroc, Belgique ou Canada. Deux groupes sur l'âge (jeunes/âgés) et sur l'année du diagnostic (récent/éloigné) ont été formés en utilisant la médiane comme limite entre les groupes.

	Groupes	Nombre de participants
Age	Jeunes (18-53 ans)	34
	Agés (54-86 ans)	35
Culture	France	51
	Chine	18
Genre	Femmes (F)	38
	Hommes (H)	31
Type de diabète	Type 1	39
	Type 2	30
Année de diagnostic	Récent (0-14 ans)	35
	Éloigné (15-50 ans)	34

Tableau 4-8 : Classes de participants formées sur les caractéristiques démographiques et de diabète

Pour chaque caractéristique d'habitudes ou de traits et pour chaque classe, le test non-paramétrique de **Mann-Whitney (W)** sur deux échantillons indépendants a été utilisé pour tester l'hypothèse suivante : H_0 : les distributions de la caractéristique d'habitudes ou de traits pour chacun des deux groupes de la classe sont égales. Les résultats sont représentés en Figure 4-25.

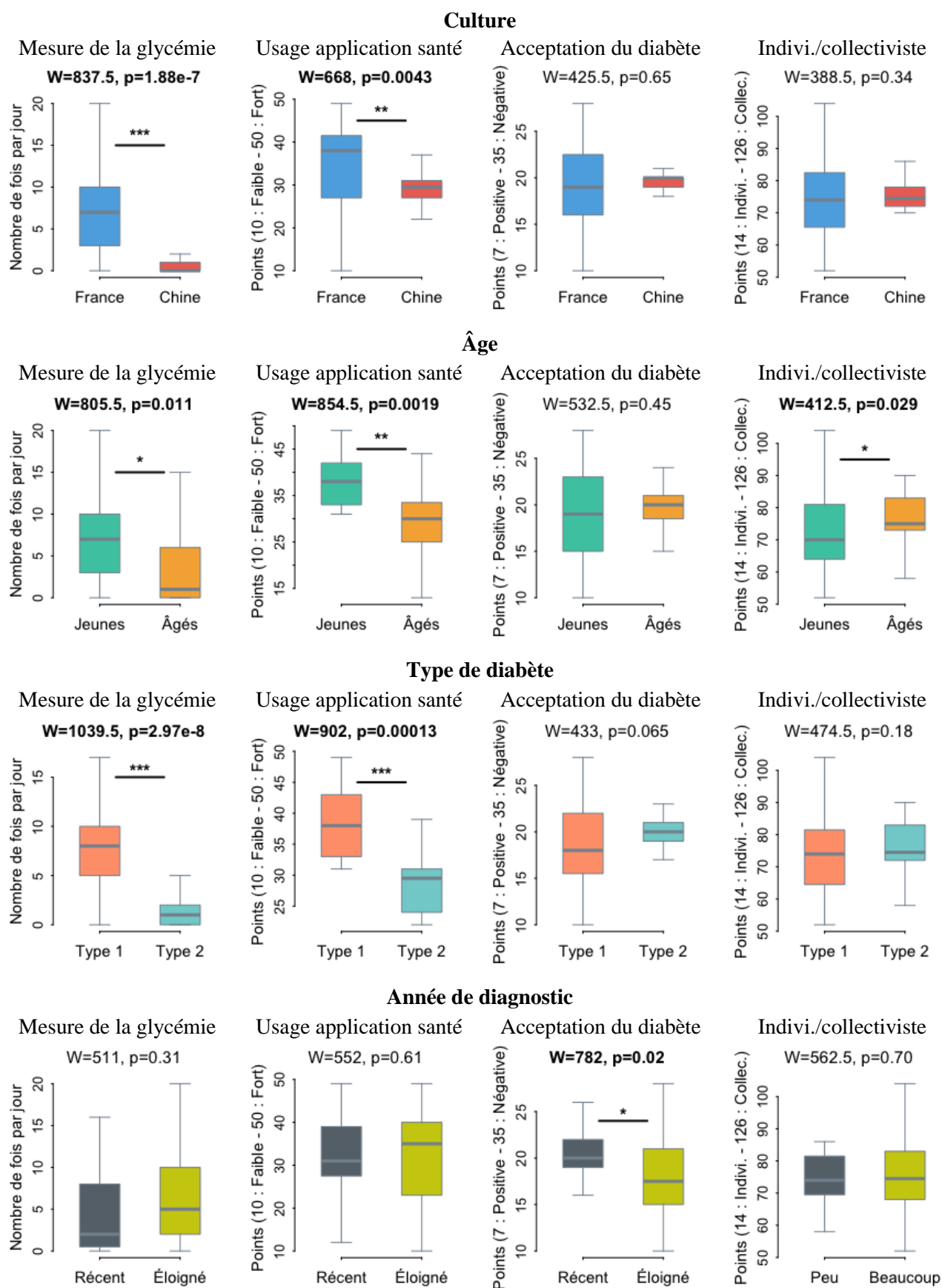


Figure 4-25 : Dépendance entre caractéristiques démographiques et de gestion du diabète avec les caractéristiques d'habitudes et traits individuels des participants

Diagrammes en boîte, tests de Mann-Whitney (W) (***) $p < 0,001$, (**) $p < 0,001$, (*) $p < 0,05$)

Les résultats montrent que les caractéristiques démographiques et de diabète ont un impact significatif sur les habitudes et les traits individuels des participants :

- Type de diabète et année de diagnostic : les participants atteints d'un diabète de type 1 mesurent davantage leur glycémie et ont un usage plus intense des applications de santé. Les participants ayant été diagnostiqués du diabète plus récemment montre une moindre acceptation au diabète. Nous notons qu'aucune différence significative dans l'acceptation du diabète n'a été constatée entre les personnes atteintes d'un diabète de type 1 et de type 2.
- Âge et culture : les participants plus jeunes et de culture française mesurent davantage leur glycémie et ont un usage plus intense des applications de santé. Cependant, cela peut s'expliquer par la population de notre échantillon : les participants en France sont plus jeunes et davantage atteints d'un diabète de type 1. Les participants plus jeunes ont une personnalité plus individualiste. Cependant, les participants en France et en Chine n'ont pas rapporté de différences de personnalité individualiste/collectiviste.
- Genre : le genre ne montre pas d'impact sur les habitudes et traits individuels .

Les variables des **interfaces préférées** collectées par l'IGA en phase (2) de l'expérimentation sont représentées en Figure 4-26.

Les participants ayant effectué les expériences indépendamment les uns des autres, ces données sont indépendantes. Afin de tester s'il existe des différences entre les modalités préférées, nous avons utilisé le test statistique du **Khi² (χ^2)** sous l'hypothèse nulle suivante : *H₀ : le nombre de participants préférant chaque modalité est identique*. Lorsque des différences significatives ont été constatées, des tests du χ^2 ont été réalisés pour comparer les modalités deux à deux (résultats en Figure 4-26).

Nous remarquons qu'il existe des différences de préférences entre certaines modalités des variables AI, JR et GR. Les participants ont préféré les interfaces avec une indication colorée sur les mesures de glycémie (AI, $p < 0,001^{***}$), une représentation du journal avec un cadre plutôt qu'avec une goutte (JR, $p < 0,05^*$) et un graphique linéaire plutôt qu'un graphique linéaire par jour (GR, $p < 0,05^*$) et qu'un graphique à barres (GR, $p < 0,05^*$).

La présence d'une indication colorée sur les mesures de glycémie, la représentation du journal et la représentation du graphique semblent donc être des variables affectant la préférence et donc la satisfaction de la population globale des participants.

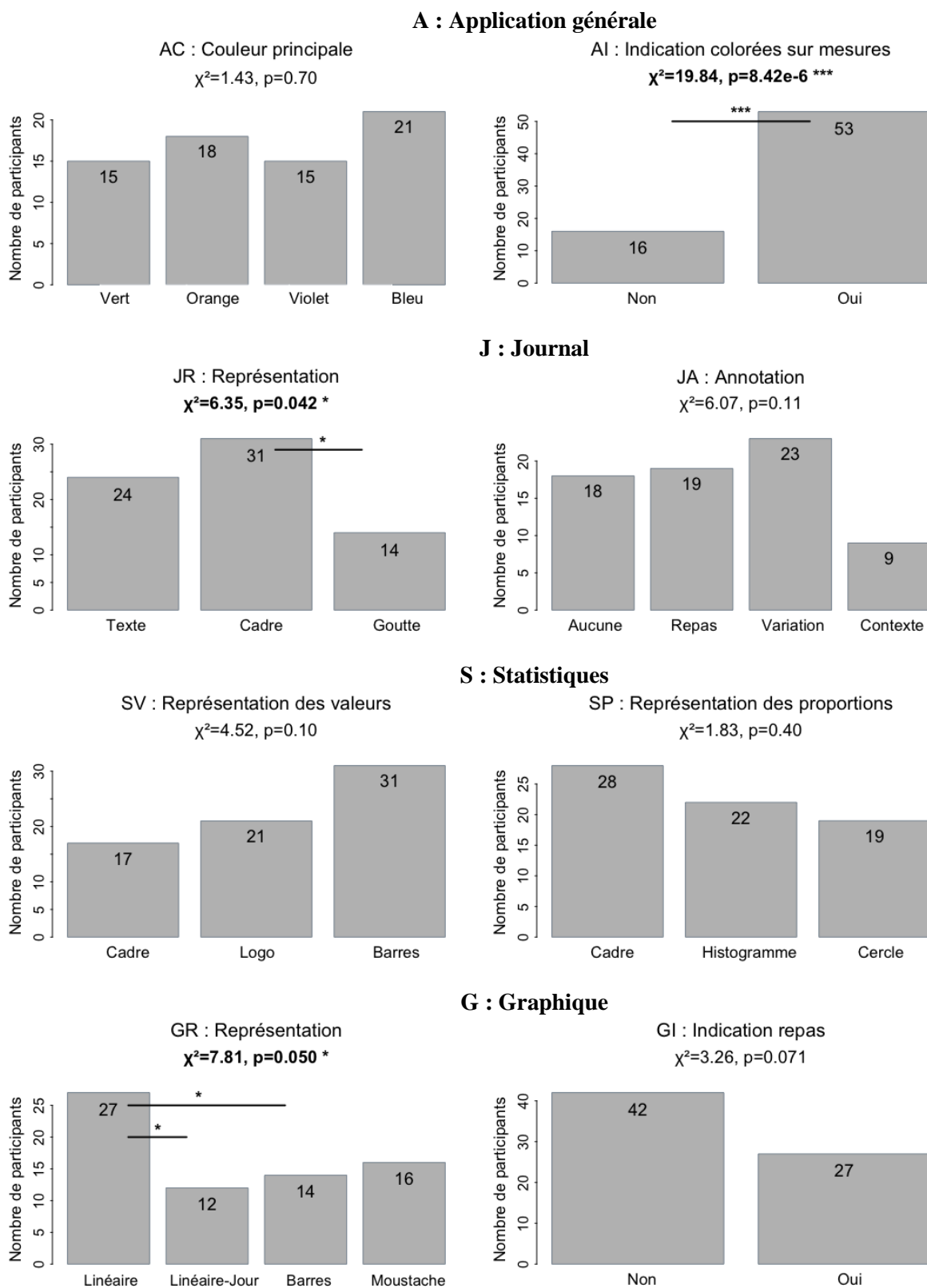


Figure 4-26 : Préférences des participants dans les variables d'interface

Diagrammes à barres, tests du χ^2 (** $p < 0,01$, * $p < 0,05$)

L'**influence des caractéristiques individuelles** sur les préférences a été investiguée. Nous avons utilisé les classements en Tableau 4-8 où chaque classe (= une caractéristique individuelle) comporte deux groupes de participants. Le même type de classement a été effectué pour les habitudes et traits individuels des participants. Pour chaque variable et pour chaque classe, nous avons créée des tableaux de contingence sur le nombre de participants ayant préféré chaque modalité de la variable pour les deux groupes de la classe. Des tests du **Khi² (χ^2)** ont été réalisés sur les tableaux de contingence pour tester l'hypothèse nulle : *H₀ : La préférence pour la variable d'interface et la caractéristique individuelle sont indépendantes*. Lorsque des dépendances ont été trouvées, des tests du χ^2 ont été effectués pour comparer la proportion de participants de chaque groupe ayant préféré la modalité. Les résultats significatifs sont en Figure 4-27.

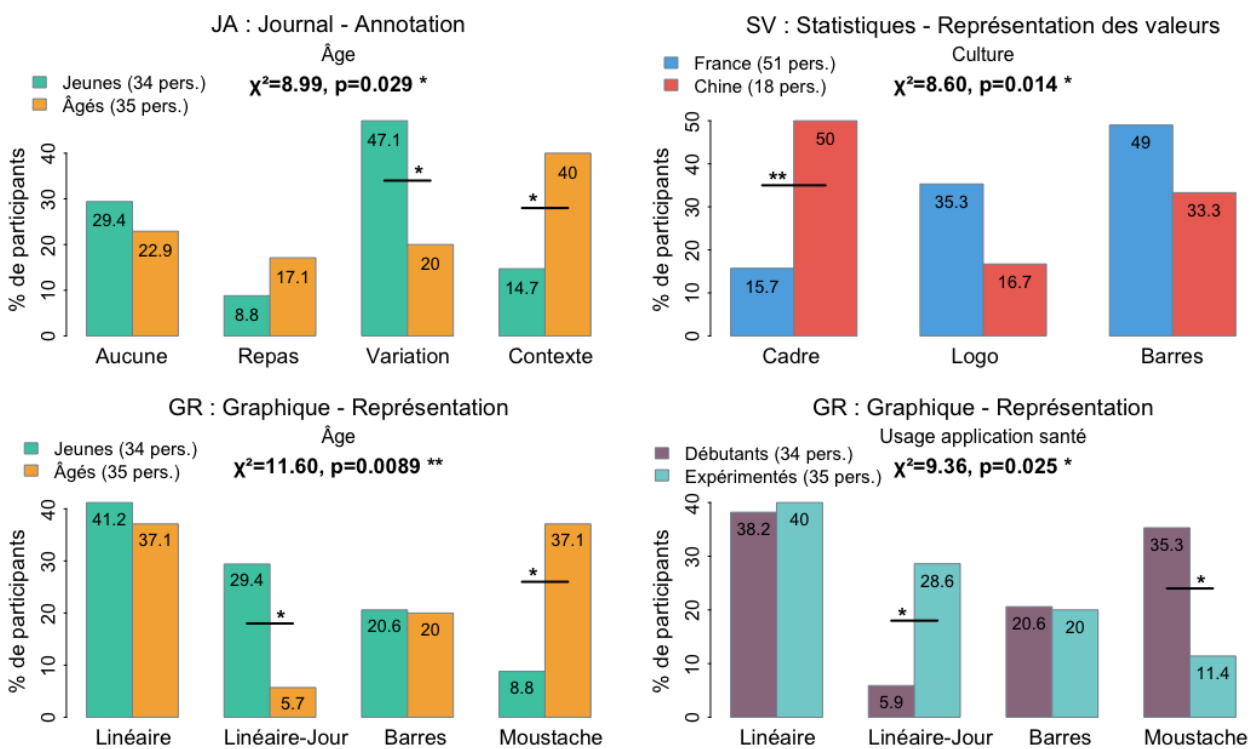


Figure 4-27 : Influence des caractéristiques individuelles sur les préférences dans les variables d'interface
Variables et caractéristiques individuelles montrant une dépendance – Diagrammes à barres (en % de participants),
tests du Khi² (χ^2) (** p<0,01, * p<0,05)

Nous avons trouvé que certaines caractéristiques individuelles (la culture, l'âge et l'usage des applications de santé) ont influencé les préférences dans les variables d'interface suivantes :

- Annotation du journal (JA) influencée par l'âge : l'annotation des variations des mesures par des flèches est davantage préférée par les jeunes (18-53 ans) comparés aux sujets plus âgés (54-86 ans). L'annotation du contexte par des symboles est en revanche davantage plébiscitée par les personnes âgées.

- Représentation des valeurs statistiques (SV) influencée par la culture : l'encadrement des mesures est davantage préféré par les sujets chinois par rapport aux sujets français.
- Représentation du graphique (GR) influencée par l'âge : la représentation linéaire en profil journalier est davantage préférée par les jeunes comparés aux personnes plus âgées. Une représentation en boîte à moustache est davantage préférée par les personnes âgées.
- Représentation du graphique (GR) influencée par l'usage des applications de santé : les boîtes à moustaches séduisant davantage les « débutants » que les « expérimentés ». Une représentation linéaire en profil journalier est préférée par les plus expérimentés.

Pour résumer, les caractéristiques des utilisateurs influencent les préférences, ce qui invite à laisser l'opportunité de personnaliser les interfaces notamment en termes de représentations du journal, des valeurs statistiques et des graphiques.

L'**expérience** des participants, en termes d'émotions, de qualité perçue, de satisfaction et d'intention d'utilisation, a été collectée en phase (3) de l'expérimentation pour l'**interface favorite** et une **interface « opposée »**. Le test non-paramétrique de **Wilcoxon signé (V)** sur échantillons appariés a été utilisé pour tester l'hypothèse suivante : H_0 : les réponses face à l'interface favorite et l'interface opposée sont égales. Les résultats sont présentés en Figure 4-28.

Les résultats montrent bien une forte différence dans l'expérience des patients entre les deux interfaces. L'interface favorite a généré une émotion plus positive et avec un niveau d'activation légèrement plus élevé que l'interface opposée. Elle a également procuré un niveau de qualité perçue, de satisfaction et d'intention d'utilisation nettement plus élevé. Ces résultats montrent que l'optimisation de l'interface de santé permet d'améliorer grandement l'expérience et les comportements des patients.

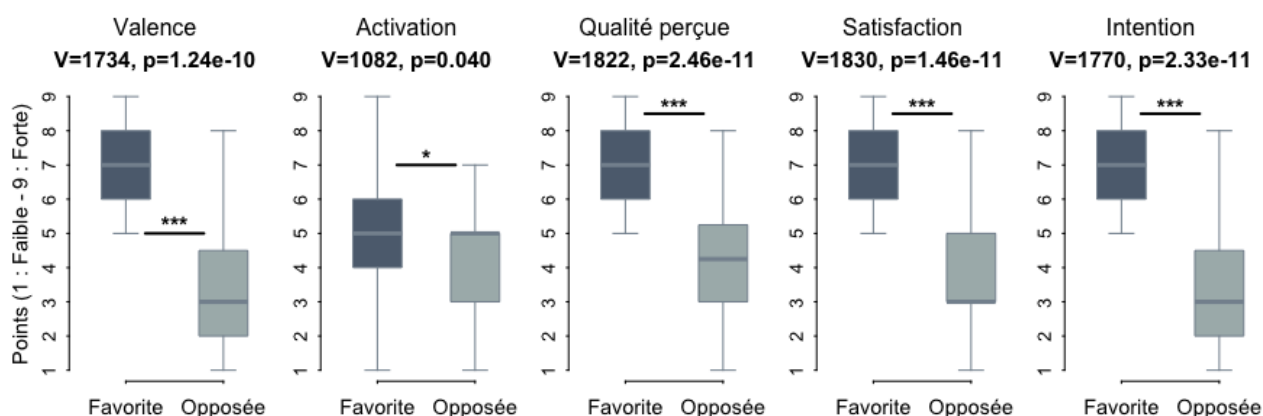


Figure 4-28 : Comparaison de l'expérience des participants entre l'interface favorite et une interface « opposée »

Diagrammes en boîte, tests de Wilcoxon signé (V) (*** p<0,001, ** p<0,01, * p<0,05)

Les **relations** entre les émotions, la qualité perçue, la satisfaction et l'intention d'utilisation ont été évaluées à l'aide du coefficient de corrélation de **Spearman** et en utilisant les données de l'interface favorite. Des corrélations ont été constatées (p -value $<0,05$) entre ces différents aspects, exceptés pour l'activation émotionnelle. Les résultats sont ajoutés sur la modélisation de l'expérience-patient en Figure 4-29.

Nous observons de fortes corrélations entre la qualité perçue, la satisfaction et l'intention d'utilisation ($s > 0,80$), confirmant en partie notre hypothèse. Les caractéristiques de conception de l'interface de santé influencent la satisfaction et la qualité perçue, influençant le comportement utilisateur. Concernant les émotions : l'activation émotionnelle n'est pas corrélée avec les autres aspects de l'expérience-patient et la valence émotionnelle en est que faiblement corrélée. Ces résultats montrent qu'il est plus important de se concentrer sur la qualité perçue et la satisfaction globale des patients afin de favoriser l'utilisation des outils de santé à distance.

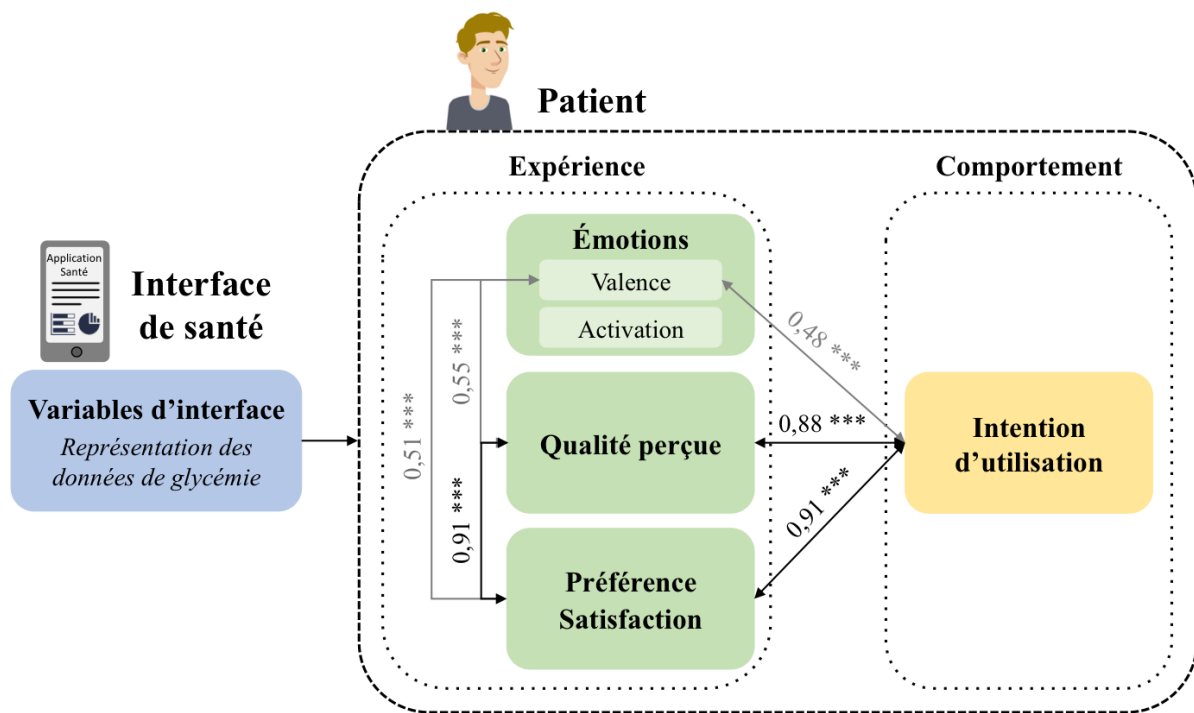


Figure 4-29 : Modélisation de l'expérience-patient : corrélations entre les différents aspects de l'expérience des participants

Tests de corrélation de Spearman (***) $p < 0,001$

4.4.7 Discussion et conclusion

La bibliographie (Partie 2.3.3) et l'enquête réalisée (Partie 4.3) montrent l'importance de la conception centrée sur l'expérience-patient des outils de santé à distance. Peu d'études se sont concentrées sur l'interface-patient, en particulier concernant la représentation des données de

santé. Aucune étude n'a cherché à améliorer l'expérience-patient face à un grand nombre de variables d'interface en les considérant comme indépendantes les unes des autres.

Par l'optimisation de la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète, cette étude a cherché à améliorer l'expérience-patient. Un apport de cette recherche repose sur la méthodologie expérimentale mise en place basée sur un **algorithme génétique interactif**. Cette étude montre qu'il s'agit d'un outil efficace pour explorer l'espace de conception face à un grand nombre de variables d'interface et proposer des tendances de conception améliorant l'expérience-patient.

Les résultats ont mis en évidence les **variables d'interface** affectant la préférence-patient : la présence d'indications colorées sur les mesures, la représentation du journal et la représentation du graphique. Ces résultats suggèrent qu'une attention particulière doit être portée sur ces variables lors de la conception d'une application pour le suivi du diabète. Ils fournissent des **pistes de conception** pouvant être utilisées par les développeurs d'applications de santé.

Les résultats confirment qu'une **interface optimisée** améliore grandement l'**expérience-patient** en termes d'émotions, de qualité perçue, de satisfaction et d'intentions d'utilisation. Ils soutiennent l'hypothèse selon laquelle la conception des interfaces peut favoriser des meilleures expériences, contribuer à un meilleur suivi de la santé et encourager des comportements sains. Améliorer la satisfaction-patient contribue également au développement de la santé à distance.

Les **caractéristiques individuelles** jouent un rôle important dans l'interaction homme-ordinateur (Partie 2.3.4). La comparaison culturelle des interfaces de santé (Partie 4.2) a souligné la nécessité de considérer la culture des patients dans la conception des interfaces de santé.

Cette expérimentation, effectuée en France et en Chine, a permis d'étudier le rôle des caractéristiques individuelles dans les préférences-utilisateurs. Les résultats soulignent l'importance de trois caractéristiques individuelles : la culture, l'âge et les habitudes dans l'utilisation d'applications de santé. Ces résultats suggèrent qu'une **personnalisation** de l'interface, notamment dans la représentation des données de santé, permettrait d'améliorer le niveau de satisfaction des utilisateurs.

Ces résultats proposent des premières pistes de conception aux développeurs d'applications de santé, qui peuvent être complétées. Pour simplifier le problème d'optimisation, notamment pour tester l'IGA, l'interface a été schématisée par une image fixe et le nombre de variables restreint. Une réelle application contient davantage de pages et d'interaction. Plus de **variables d'interface** se rapprochant d'une application réelle peuvent être intégrées au problème, afin de

proposer des pistes de conception directement applicables. Il pourrait être intéressant d'optimiser une réelle application sur un smartphone avec les vraies données de santé de l'utilisateur. Le **contexte d'utilisation** pourrait aussi être élargi à un usage régulier et sur le long terme.

Les variables d'interface ont été définies à partir de l'analyse des applications existantes. D'autres représentations, pas encore existantes ou non-présentes sur les applications observées, peuvent être définies pour **booster la créativité**. Des enquêtes ou des groupes de travail pourraient être organisés, auprès de patients ou de professionnels de santé, avec des choix plus libres de réponses afin de faire émerger des idées de représentation.

Notre objectif était basé sur l'amélioration de la satisfaction-patient, apparu comme essentielle à l'utilisation des outils de santé à distance. D'autres **objectifs** peuvent néanmoins être investigués, notamment centrés sur la physiologie ou les comportements des utilisateurs, comme le rythme cardiaque, l'activité visuelle des patients ou la durée de consultation des données, afin de proposer des interfaces minimisant le stress ou favorisant la concentration des patients.

L'impact des caractéristiques individuelles a également été étudié en se concentrant sur des caractéristiques démographiques et de diabète, des habitudes et des traits individuels. Nous pouvons penser que des **états momentanés**, comme l'humeur, l'anxiété ou la motivation, peuvent également impacter les préférences-utilisateurs. Différentes représentations des données de santé pourraient être proposées en fonction des états momentanés indiqués par le patient lors de l'utilisation de l'application ou mesurés physiologiquement par des objets connectés.

Finalement, cette étude utilise un **algorithme génétique interactif** pour répondre au problème d'optimisation d'interface. D'autres paramètres dans l'implémentation de l'algorithme ou d'autres méthodes d'optimisation peuvent également être investigués.

Dans le cas de la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète, cette étude met en évidence les variables d'interface influençant la **satisfaction-patient** et propose des **pistes de conception** permettant de l'améliorer. Elle suggère la nécessité d'adapter les interfaces aux caractéristiques des patients.

Elle appuie l'intérêt de l'**optimisation des interfaces de santé** pour de meilleurs expériences et comportements. Elle montre que l'**algorithme génétique interactif** est un outil efficace pour proposer des tendances de conception améliorant l'expérience-patient face à un grand nombre de variables d'interface.

CHAPITRE 5 :

CONCLUSION GENERALE

5.1 Conclusion des travaux réalisés

L'émergence rapide et mondiale de la santé à distance soulève de nouveaux challenges dans son intégration dans les systèmes de santé, sur le développement et la multiplication des outils et leur utilisation par les patients. Améliorer l'**expérience-patient** apparaît comme essentiel pour encourager l'utilisation et l'adoption des outils, contribuant à un meilleur suivi, une amélioration des services de santé et au déploiement de la santé à distance.

L'**interface numérique de santé** d'une application, d'un objet connecté ou d'un site Internet joue un rôle majeur. Elle agit comme passerelle de communication entre les usagers, qu'ils soient patients ou professionnels, et les structures, dispositifs de mesure, bases de données et algorithmes de santé. Cette interface est généralement utilisée pour consulter des données de santé personnelles, à domicile, en tout lieu, à tout moment et sans soutien médical pour accompagner les patients dans l'interprétation des données.

Ainsi, l'étude du domaine de la santé à distance a fait émerger un objectif : proposer une méthode de conception d'une interface de santé pour améliorer l'expérience-patient.

Trois questions de recherche traitées dans ce travail ont émergé :

- (1) Quelles sont les émotions générées par la consultation des données de santé sur une interface dans un contexte de domicile ?**
- (2) Comment optimiser une interface de santé, notamment la représentation des données de santé, pour améliorer l'expérience-patient ?**
- (3) Quelle est l'influence des caractéristiques individuelles sur l'expérience-patient ?**

Les études menées dans ce travail de recherche pour répondre à ces questions de recherche sont décrites ci-après et représentées en Figure 5-1.

Pour répondre à la question de recherche (1), nous avons commencé par un état de l'art dans le domaine des **émotions** permettant d'étudier leurs manifestations subjectives, physiologiques et comportementales. La consultation de données de santé peut par exemple motiver le patient à faire de l'exercice physique, comme elle peut également entacher son moral du fait d'une mauvaise interprétation. La **santé** est un domaine fortement sensible, personnel et émotionnel. Des événements de santé, comme un diagnostic ou un résultat de bilan sanguin, peuvent induire des émotions négatives, comme de la peur, ou des émotions positives, comme du soulagement. Les spécificités du suivi à distance, dont la consultation de données de manière non accompagnée, peuvent aggraver ou améliorer l'expérience émotionnelle des patients, ce qui n'avait pas été étudié dans la littérature existante.

Dans ce travail de recherche, une première expérimentation, comparant les réactions à la consultation de différents types de données, a permis d'évaluer leur impact sur la réponse émotionnelle du sujet. Les résultats indiquent des impacts plus importants, positifs et négatifs, de la consultation des données de santé utilisateur sur le stress perçu, la durée de la consultation et l'activité cardiaque des participants. Ils soutiennent l'hypothèse selon laquelle la santé à distance, via l'interface de santé, peut impacter l'état affectif des patients. Cette étude montre la nécessité de considérer les émotions dans le déploiement de la santé à distance, et donc dans la conception des interfaces de santé.

Pour répondre à question de recherche (2), nous avons commencé par une analyse des travaux réalisés dans la **conception centrée-utilisateur**, en particulier concernant les **systèmes de santé**. Des stratégies de conception peuvent influencer l'expérience-patient ainsi que leurs comportements dans leur mode de vie et la gestion de leur santé. Une conception mal établie peut conduire à une mauvaise utilisation ou à l'abandon des outils de santé et à des comportements à risques. Une bonne conception peut encourager les patients à utiliser les systèmes dans leur vie quotidienne et à adopter des comportements sains. Peu d'études se sont concentrées sur la conception de l'interface-patient. Par ailleurs, les méthodes existantes de conception centrée-utilisateur sont chronophages et génériques. Il existe peu d'approches pour collecter l'expérience-utilisateur face à un grand nombre de variables en considérant leur interdépendance.

Dans ce travail de recherche, une méthode de conception centrée-patient d'une interface de santé est proposée. Dans cette partie, nous nous sommes concentrés sur les applications pour le suivi du diabète, et sur les populations françaises et chinoises. La méthode de conception comprend 3 étapes : [1] une comparaison culturelle des outils existants, [2] une enquête sur les expériences, habitudes et préférences des patients et [3] une expérimentation basée sur un

algorithme génétique interactif visant à optimiser la conception de l'interface pour améliorer la satisfaction-patient. Les résultats montrent que certaines variables d'interface influencent les préférences-patients et demandent donc une attention particulière. Ils montrent que l'expérience-patient, en particulier la valence émotionnelle, la satisfaction, la qualité perçue et l'intention d'utilisation, peut être grandement améliorée par l'optimisation d'interface.

La question de recherche (3) a été analysée à travers ces différents travaux, en étudiant l'influence des **caractéristiques individuelles** (âge, genre, états momentanés, habitudes, traits de personnalité), et notamment celle de la culture, dans la relation patient-interface de santé. La comparaison des applications pour le suivi du diabète européennes et chinoises soulève des différences culturelles de conception, soutenant l'hypothèse selon laquelle la conception des interfaces de santé est influencée par la culture. L'optimisation d'interface a montré que les caractéristiques individuelles, notamment la culture, l'âge et les habitudes dans l'utilisation d'applications de santé, influencent les préférences-patients. Ces résultats soulignent l'intérêt d'une **personnalisation** des interfaces de santé pour améliorer les expériences et comportements des patients et répondre aux besoins de chacun.

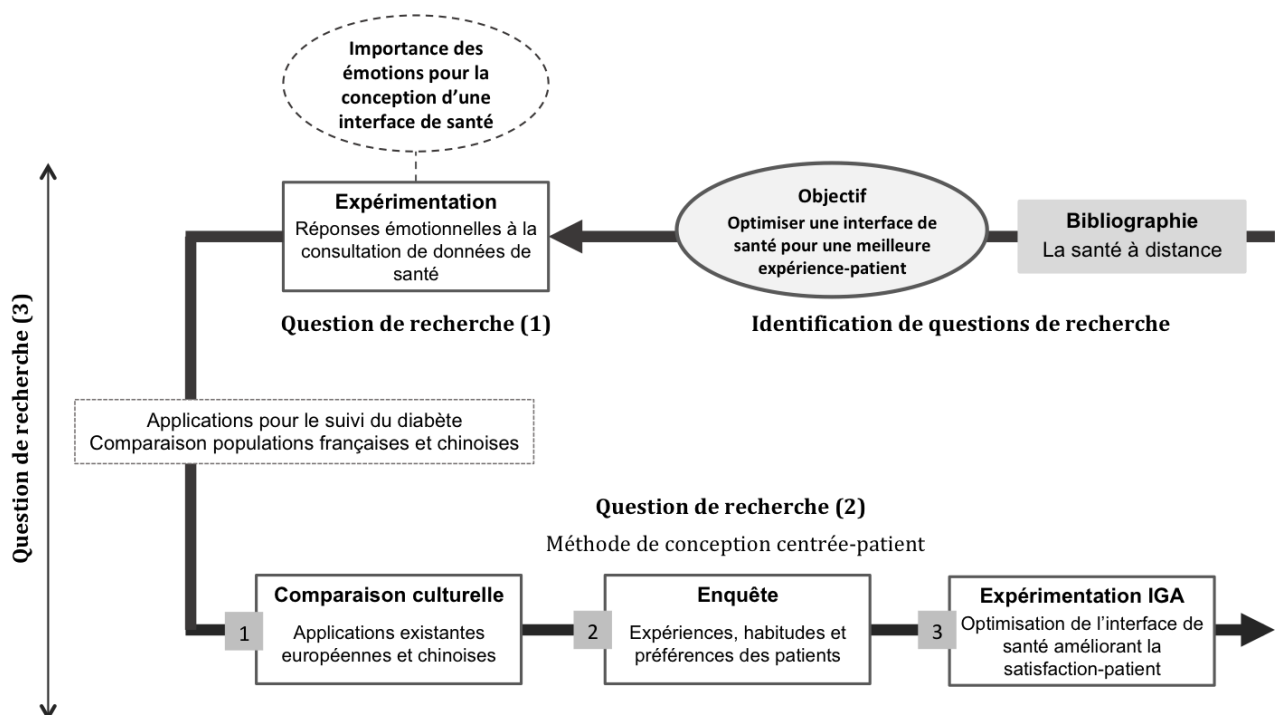


Figure 5-1 : Les études menées dans ce travail pour répondre aux questions de recherche

5.2 Contributions

Pour résumer, ce travail apporte un ensemble de contributions, méthodologiques et empiriques, sur les points suivants.

Contributions méthodologiques :

- Protocole expérimental évaluant les réponses émotionnelles à un stimulus par une comparaison avec un stimulus à impact maîtrisé.
- Méthode de conception centrée-patient en 3 étapes : comparaison des applications existantes, enquête utilisateur et optimisation de l'interface de santé. Cette procédure a notamment permis d'identifier des variables d'interface.
- Protocole expérimental en ligne intégrant un algorithme génétique interactif pour optimiser la représentation des données de santé sur une interface d'application.

Contributions empiriques :

- Évaluation des réponses émotionnelles subjectives, comportementales et physiologiques à la consultation des données de santé sur une interface.
- Comparaison culturelle des applications pour le suivi du diabète européennes et chinoises
- Enquête auprès des personnes diabétiques sur les expériences, habitudes, et préférences dans les applications de suivi du diabète.
- Définition de variables d'interface de représentation des données de santé améliorant la satisfaction-patient.
- Étude de l'impact des différences individuelles sur les émotions ressenties et les préférences dans la représentation des données de santé.

5.3 Approfondissement et perspectives

Les travaux menés ouvrent de nouveaux champs de recherche sur la compréhension et l'amélioration de l'expérience-patient dans un contexte de suivi médical à distance.

Nous avons proposé une méthode de conception en 3 étapes : [1] une comparaison culturelle permettant d'analyser les outils existants, [2] une enquête permettant de comprendre les utilisateurs et [3] l'optimisation d'interface avec un algorithme génétique interactif permettant la définition du problème avec la mise en place des variables d'interface, la proposition de solutions (populations d'individus) et la sélection d'une solution optimale (interface cible ou favorite). Notre méthode de conception s'intègre bien dans un **schéma classique de conception centrée-**

utilisateur, tel que le *Design Thinking*. Elle pourrait être complétée par les prochaines étapes de [4] prototypage et de [5] tests auprès des utilisateurs afin d'évaluer les réelles expériences. Des retours en arrière peuvent être envisagés à chaque étape, notamment si les tests ne sont pas satisfaisants. Il pourrait être intéressant d'y intégrer, en plus des patients, des associations de patients, des anciens malades, des professionnels de santé et des aidants, par exemple dans l'enquête pour comprendre le contexte d'utilisation et la maladie, ou la proposition de solutions.

Comme un cas d'étude, nous nous sommes concentrés sur les applications pour le suivi du diabète. Notre méthode de conception pourrait être réalisée pour le suivi d'autres pathologies, et les résultats comparés entre eux. Deux tendances pourraient émerger des résultats : si les préférences-utilisateurs sont très différentes en fonction des pathologies, il serait alors préférable de proposer des **applications spécifiques à chaque pathologie**. En revanche, si les préférences-utilisateurs ont de fortes similitudes, une **application de santé générale** pourrait être proposée, s'adaptant aux caractéristiques des pathologies. Dans ce cas, toutes les données de santé seraient représentées de la même façon, mais le type de données de santé dépendrait de la maladie, par exemple la glycémie pour le suivi du diabète, la tension artérielle et le rythme cardiaque pour le suivi cardiovasculaire.

Cela nous amène à nous interroger sur le **degré de personnalisation** des interfaces de santé. Dans le cas d'applications spécifiques aux pathologies ou d'applications de santé en général, il semble essentiel de personnaliser les applications en fonction des **caractéristiques de la maladie**. Par exemple pour les applications de suivi du diabète, certaines applications proposaient différents formats et fonctionnalités en fonction du type de diabète. Par ailleurs, davantage de **caractéristiques individuelles** peuvent être prise en compte lors de la personnalisation de l'interface : traits de personnalité, habitudes, rapport avec la maladie, mais aussi des caractéristiques momentanées, telles que l'humeur, la fatigue, la motivation, ou l'anxiété. L'expérience dépend aussi du contexte et de l'environnement de l'utilisateur. Des **caractéristiques d'environnement**, telles que l'heure, les conditions météorologiques, la présence d'un proche ou les activités de l'utilisateur (par exemple activités professionnelles, activités relaxantes, transports), peuvent être prises en compte lors de la personnalisation de l'interface. Par exemple, la consultation des données devrait générer davantage des émotions relaxantes le soir pour favoriser un bon sommeil, et des émotions motivante en journée pour favoriser le suivi des données de santé. Il convient alors de déterminer les caractéristiques de personnalisation les plus importantes selon un critère choisi, tel que la préférence-utilisateur. Il apparaît essentiel de trouver un bon équilibre entre le degré de personnalisation et la collecte des données individuelle, qui peut s'avérer longue et fatigant pour l'utilisateur.

Dans notre étude, nous nous sommes concentrés sur la représentation des données de santé. Cependant, d'autres **variables d'interface** peuvent être considérées pour améliorer l'expérience-patient. Notamment, nous pouvons nous poser les questions suivantes : *Quelles sont les données de santé et les informations à montrer aux patients ? À quel moment faut-il transmettre les données de santé et résultats médicaux ? Quand et comment alerter lorsque des changements sont constatés et/ou lorsque des mesures médicales doivent être effectuées ?* Les réponses à ces questions peuvent dépendre des utilisateurs et de la maladie.

Comme le confirme cette étude, les émotions sont complexes et peuvent avoir plusieurs types d'impacts chez les patients. L'étape suivante de cette recherche serait de déterminer les émotions qui contribuent à la santé et à la vie des patients : *dans quelle direction orienter l'expérience-patient pour être bénéfique aux patients ?* Il est, en effet, difficile de déterminer s'il est préférable de ressentir des émotions à fort niveau d'activation, comme de l'enthousiasme, ou à faible niveau d'activation, comme de la sérénité. Nous imaginons qu'il est préférable de ressentir des émotions positives. Cependant, dans certains cas, il peut être bénéfique de ressentir des émotions négatives, comme de la peur, pour provoquer une prise de conscience « choc ». C'est le cas par exemple dans les campagnes publicitaires anti-tabac. Cela peut donc dépendre des objectifs souhaités par les concepteurs d'interface.

Dans cette étude, nous avons fait le choix de se concentrer sur le **critère d'évaluation** liée à la satisfaction-patient. L'expérience-patient peut être investiguée sur d'autres critères. Il pourrait être intéressant de s'intéresser aux réponses physiologiques et comportementales. Nous pouvons aussi avoir comme objectif de minimiser les conséquences négatives comme le niveau de stress ou d'ennui chez les patients. Par ailleurs, l'**efficacité de l'outil sur un plan médical** peut être priorisée comme critère d'évaluation. Ce qui nous amène à nous interroger sur l'équilibre entre l'expérience-patient et l'efficacité médicale. Il est en effet nécessaire de se demander si l'outil fournit toutes les informations de santé dont le patient a besoin. Par ailleurs, **la confidentialité et la protection des données personnelles** demeurent une grande problématique à considérer dans le déploiement de la santé à distance. Il apparaît alors essentiel de prioriser les différents critères d'évaluation des interfaces de santé.

Cette recherche souligne qu'il est essentiel de considérer l'expérience émotionnelle des patients dans le **déploiement de la santé à distance** afin d'offrir des services bénéfiques aux patients. Une meilleure expérience-patient peut en effet favoriser un meilleur suivi médical et influencer des changements de comportements plus sains dans le mode de vie et dans la gestion de la santé.

Comme traité dans cette étude, l'expérience-patient doit être considérée dans la **conception des outils** de santé à distance afin d'encourager leur adoption dans la vie quotidienne des patients. Ces outils deviendraient des aides à la prise de décision pour les équipes soignantes, et non plus des simples interfaces d'affichage de données.

L'expérience-patient doit également être prise en compte dans l'intégration de la santé à distance dans les systèmes de santé, notamment par les **professionnels de santé**. Les émotions des patients lors de pratiques de santé à distance sont certainement différentes des émotions ressenties dans la médecine traditionnelle. Il n'est actuellement pas facile pour un professionnel de santé d'appréhender les émotions ressenties par les patients compte tenu de la distance. Une communication davantage axée sur les émotions et des outils pour aider les patients à transmettre leurs émotions peut être envisagés. Nous pouvons également supposer qu'il est préférable pour le vécu des patients, en dehors des faisabilités techniques, de réaliser certains actes médicaux à distance et d'autres en face-à-face en fonction des caractéristiques individuelles et de la pathologie des patients.

BIBLIOGRAPHIE

1. Amenta F (2000) The International Radio Medical Centre (C.I.R.M.): an organization providing free medical assistance to seafarers of any nationality world wide. *International Maritime Health* 51:85–91
2. Bashshur R, Shannon GW (2009) *History of telemedicine: evolution, context, and transformation*. Mary Ann Liebert, New Rochelle, NY
3. World Health Organization (2017) *Global diffusion of eHealth: making universal health coverage achievable: report of the third global survey on eHealth*
4. Craig J, Patterson V (2005) Introduction to the practice of telemedicine. *Journal of Telemedicine and Telecare* 11:3–9. <https://doi.org/10.1177/1357633X0501100102>
5. Tuckson RV, Edmunds M, Hodgkins ML (2017) Telehealth. *New England Journal of Medicine* 377:1585–1592. <https://doi.org/10.1056/NEJMSr1503323>
6. Wosik J, Fudim M, Cameron B, et al (2020) Telehealth transformation: COVID-19 and the rise of virtual care. *Journal of the American Medical Informatics Association* 27:957–962. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa067>
7. Ohannessian R, Duong TA, Odone A (2020) Global Telemedicine Implementation and Integration Within Health Systems to Fight the COVID-19 Pandemic: A Call to Action. *JMIR Public Health and Surveillance* 6:e18810. <https://doi.org/10.2196/18810>
8. World Health Organization (1998) *A health telematics policy in support of WHO's Health-for-all strategy for global health development: report of the WHO Group Consultation on Health Telematics*. Switzerland, Geneva
9. El-Miedany Y (2017) Telehealth and telemedicine: how the digital era is changing standard health care. *Smart Homecare Technology and Telehealth* 4:43–51. <https://doi.org/10.2147/SHTT.S116009>
10. Fatehi F, Wootton R (2012) Telemedicine, telehealth or e-health? A bibliometric analysis of the trends in the use of these terms. *Journal of Telemedicine and Telecare* 18:460–464. <https://doi.org/10.1258/jtt.2012.gth108>
11. World Health Organization (2005) *Social health insurance: sustainable health financing, universal coverage and social health insurance: report by the Secretariat*. World Health Assembly, 58
12. World Health Organization (2011) *mHealth: new horizons for health through mobile technologies*. World Health Organization
13. Sim I (2019) Mobile Devices and Health. *New England Journal of Medicine* 381:956–968. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1806949>
14. Li J, Ma Q, Chan AHS, Man SS (2019) Health monitoring through wearable technologies for older adults: Smart wearables acceptance model. *Applied Ergonomics* 75:162–169. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.10.006>
15. Majumder S, Mondal T, Deen MJ (2017) Wearable Sensors for Remote Health Monitoring. *Sensors* 17:130. <https://doi.org/10.3390/s17010130>

16. Liu L, Stroulia E, Nikolaidis I, et al (2016) Smart homes and home health monitoring technologies for older adults: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics* 91:44–59. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2016.04.007>
17. Majumder S, Aghayi E, Noferesti M, et al (2017) Smart Homes for Elderly Healthcare—Recent Advances and Research Challenges. *Sensors* 17:2496. <https://doi.org/10.3390/s17112496>
18. Lupton D (2017) Self-tracking, health and medicine. *Health Sociology Review* 26:1–5. <https://doi.org/10.1080/14461242.2016.1228149>
19. Whooley M, Ploderer B, Gray K (2014) On the integration of self-tracking data amongst quantified self members. In: *Proceedings of the 28th International Human Computer Interaction*. British Computer Society, pp 151–160
20. Doctolib Blog (2020) Prise de rendez-vous en ligne, le bilan 2020. <https://info.doctolib.fr/blog/42-millions-de-patients-rendez-vous-en-ligne>. Accessed 14 Feb 2022
21. Han Y, Lie RK, Guo R (2020) The Internet Hospital as a Telehealth Model in China: Systematic Search and Content Analysis. *Journal of Medical Internet Research* 22:e17995. <https://doi.org/10.2196/17995>
22. Jiang X, Xie H, Tang R, et al (2021) Characteristics of Online Health Care Services From China’s Largest Online Medical Platform: Cross-sectional Survey Study. *Journal of Medical Internet Research* 23:e25817. <https://doi.org/10.2196/25817>
23. Health Analytics Asia (2021) How China used telemedicine to fight COVID-19. <https://www.ha-asia.com/how-china-used-telemedicine-to-fight-covid-19>. Accessed 14 Feb 2022
24. IQVIA Institute (2021) *Digital Health Trends 2021: Innovation, Evidence, Regulation, and Adoption*
25. Ben-Zeev D, Kaiser SM, Brenner CJ, et al (2013) Development and usability testing of FOCUS: A smartphone system for self-management of schizophrenia. *Psychiatric Rehabilitation Journal* 36:289
26. Mustafa AS, Ali N, Dhillon JS, et al (2022) User Engagement and Abandonment of mHealth: A Cross-Sectional Survey. *Healthcare (Basel)* 10:221. <https://doi.org/10.3390/healthcare10020221>
27. Grand View Research (2019) *Internet of Things in Healthcare Market Size Report, 2019 - 2025*
28. Kim J, Kim M, Lee M-S, et al (2017) Wearable smart sensor systems integrated on soft contact lenses for wireless ocular diagnostics. *Nature Communications* 8:14997. <https://doi.org/10.1038/ncomms14997>
29. Hadar E, Wolff L, Tenenbaum-Gavish K, et al (2021) Mobile Self-Operated Home Ultrasound System for Remote Fetal Assessment During Pregnancy. *Telemedicine and e-Health*. <https://doi.org/10.1089/tmj.2020.0541>
30. SMARTCANE™. La canne connectée - L’autonomie en toute sécurité. <https://www.smartcane.fr>. Accessed 11 Dec 2021
31. myDiabby France. La plateforme diabète myDiabby - Healthcare France. <https://www.mydiabby.com>. Accessed 29 Nov 2021
32. Ware P, Ross HJ, Cafazzo JA, et al (2020) Outcomes of a Heart Failure Telemonitoring Program Implemented as the Standard of Care in an Outpatient Heart Function Clinic: Pretest-Posttest Pragmatic Study. *Journal of Medical Internet Research* 22:e16538. <https://doi.org/10.2196/16538>
33. Yu K-H, Beam AL, Kohane IS (2018) Artificial intelligence in healthcare. *Nature biomedical engineering* 2:719–731. <https://doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z>
34. Symptomate. Check your symptoms online. <https://symptomate.com/fr>. Accessed 3 Mar 2022
35. Jennett PA, Hall LA, Hailey D, et al (2003) The socio-economic impact of telehealth: A systematic review. *Journal of Telemedicine and Telecare* 9:311–320. <https://doi.org/10.1258/135763303771005207>

36. Kim T, Zuckerman JE (2019) Realizing the potential of telemedicine in global health. *Journal of Global Health* 9:020307
37. Marcin JP, Shaikh U, Steinhorn RH (2016) Addressing health disparities in rural communities using telehealth. *Pediatric Research* 79:169–176. <https://doi.org/10.1038/pr.2015.192>
38. Wootton R, Jebamani LS, Dow SA (2005) E-health and the Universitas 21 organization: 2. Telemedicine and underserved populations. *Journal of Telemedicine and Telecare* 11:221–224. <https://doi.org/10.1258/1357633054471812>
39. Wu Q, Zhao L, Ye X-C (2016) Shortage of healthcare professionals in China. *British Medical Journal Publishing Group*
40. Mutualité Française (2020) L’Observatoire 2020 – Accès territorial aux soins, les inégalités ne sont pas définitives. *Observatoire-Place de la Santé*
41. Anand S, Fan VY, Zhang J, et al (2008) China’s human resources for health: quantity, quality, and distribution. *The Lancet* 372:1774–1781. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61363-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61363-X)
42. Kvedar J, Coye MJ, Everett W (2014) Connected Health: A Review Of Technologies And Strategies To Improve Patient Care With Telemedicine And Telehealth. *Health Affairs* 33:194–199. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2013.0992>
43. Wang T-T, Li J-M, Zhu C-R, et al (2016) Assessment of Utilization and Cost-Effectiveness of Telemedicine Program in Western Regions of China: A 12-Year Study of 249 Hospitals Across 112 Cities. *Telemedicine Journal and E-Health: The Official Journal of the American Telemedicine Association* 22:909–920. <https://doi.org/10.1089/tmj.2015.0213>
44. Wade VA, Karnon J, Elshaug AG, Hiller JE (2010) A systematic review of economic analyses of telehealth services using real time video communication. *BMC Health Services Research* 10:233. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-10-233>
45. Atmojo JT, Sudaryanto WT, Widiyanto A, et al (2020) Telemedicine, cost effectiveness, and patients satisfaction: a systematic review. *Journal of Health Policy and Management* 5:103–107. <https://doi.org/10.26911/thejhpm.2020.05.02.02>
46. LaJaPF (l’Association des laboratoires Japonais en France), IQVIA (2018) Télémédecine : des économies en trois actes
47. Motti VG (2019) Wearable Health: Opportunities and Challenges. In: *Proceedings of the 13th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. Association for Computing Machinery, New York, USA, pp 356–359
48. Klonoff DC (2009) Using Telemedicine to Improve Outcomes in Diabetes—An Emerging Technology. *Journal of Diabetes Science and Technology* 3:624–628. <https://doi.org/10.1177/193229680900300401>
49. Farmer A, Gibson OJ, Tarassenko L, Neil A (2005) A systematic review of telemedicine interventions to support blood glucose self-monitoring in diabetes. *Diabetic Medicine* 22:1372–1378. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2005.01627.x>
50. Parise M, Tartaglione L, Cutruzzolà A, et al (2021) Teleassistance for Patients With Type 1 Diabetes During the COVID-19 Pandemic: Results of a Pilot Study. *Journal of Medical Internet Research* 23:e24552. <https://doi.org/10.2196/24552>
51. Morris M, Adair B, Miller K, et al (2013) Smart-Home Technologies to Assist Older People to Live Well at Home. *Journal of aging science* 1:1–9. <https://doi.org/10.4172/2329-8847.1000101>
52. Hale TM, Jethwani K, Kandola MS, et al (2016) A Remote Medication Monitoring System for Chronic Heart Failure Patients to Reduce Readmissions: A Two-Arm Randomized Pilot Study. *Journal of Medical Internet Research* 18:e91. <https://doi.org/10.2196/jmir.5256>
53. Carrillo de Albornoz S, Sia K-L, Harris A (2022) The effectiveness of teleconsultations in primary care: systematic review. *Family Practice* 39:168–182. <https://doi.org/10.1093/fampra/cmab077>

54. Kebede MM, Pischke CR (2019) Popular Diabetes Apps and the Impact of Diabetes App Use on Self-Care Behaviour: A Survey Among the Digital Community of Persons With Diabetes on Social Media. *Front Endocrinol (Lausanne)* 10:135. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00135>
55. Harris Interactive (2020) Baromètre : Les Français et la téléconsultation
56. Mousa AY, Broce M, Monnett S, et al (2019) Results of Telehealth Electronic Monitoring for Post Discharge Complications and Surgical Site Infections following Arterial Revascularization with Groin Incision. *Annals of Vascular Surgery* 57:160–169. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2018.09.023>
57. Coran P, Goldsack JC, Grandinetti CA, et al (2019) Advancing the Use of Mobile Technologies in Clinical Trials: Recommendations from the Clinical Trials Transformation Initiative. *Digital Biomarkers* 3:145–154. <https://doi.org/10.1159/000503957>
58. Raknim P, Lan K (2016) Gait Monitoring for Early Neurological Disorder Detection Using Sensors in a Smartphone: Validation and a Case Study of Parkinsonism. *Telemedicine and e-Health* 22:75–81. <https://doi.org/10.1089/tmj.2015.0005>
59. Maetzler W, Pilotto A (2021) Digital assessment at home - mPower against Parkinson disease. *Nature Reviews Neurology*. <https://doi.org/10.1038/s41582-021-00567-9>
60. Grigsby J, Sanders JH (1998) Telemedicine: where it is and where it's going. *Annals of Internal Medicine* 129:123–127. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-129-2-199807150-00012>
61. Ipsos, ASIP Santé (2017) Les médecins à l'ère du numérique
62. Gong K, Xu Z, Cai Z, et al (2020) Internet Hospitals Help Prevent and Control the Epidemic of COVID-19 in China: Multicenter User Profiling Study. *Journal of Medical Internet Research* 22:e18908. <https://doi.org/10.2196/18908>
63. Cui F, Ma Q, He X, et al (2020) Implementation and Application of Telemedicine in China: Cross-Sectional Study. *JMIR mHealth and uHealth* 8:e18426. <https://doi.org/10.2196/18426>
64. National Health Commission of the People's Republic of China. (2018) Measures for the administration of internet diagnosis and treatment (for trial implementation)
65. Pfizer, Le Cercle P (2018) L'e-santé vue par les patients : risque ou opportunité ?
66. Think with Google (2019) 4 réalités sur le nouveau patient. <https://www.thinkwithgoogle.com/intl/fr-fr/futur-du-marketing/transformation-digitale/4-r%C3%A9alit%C3%A9s-sur-le-nouveau-patient>. Accessed 8 Dec 2021
67. Healthcare Data Institute (2018) Les français et les données de santé sur internet et les réseaux sociaux. France
68. Liu L, Shi L (2021) Chinese Patients' Intention to Use Different Types of Internet Hospitals: Cross-sectional Study on Virtual Visits. *Journal of Medical Internet Research* 23:e25978. <https://doi.org/10.2196/25978>
69. Ramaswamy A, Yu M, Drangsholt S, et al (2020) Patient satisfaction with telemedicine during the COVID-19 pandemic: retrospective cohort study. *Journal of Medical Internet Research* 22:e20786. <https://doi.org/10.2196/20786>
70. Baniyadi T, Niakan Kalhori SR, Ayyoubzadeh SM, et al (2018) Study of challenges to utilise mobile-based health care monitoring systems: A descriptive literature review. *Journal of Telemedicine and Telecare* 24:661–668. <https://doi.org/10.1177/1357633X18804747>
71. Alvarado N, Adams SS, Burbeck S (2002) The role of emotion in an architecture of mind. *IBM Research*
72. Scherer KR (2001) Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking. *Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research* 92:57
73. Darwin C (1872) *The expression of the emotions in man and animals*. John Murray, London, England

74. Ekman P (1982) *Emotion in human face*. University Press, Cambridge
75. Izard CD (1977) *Human Emotions*. Springer, Boston, MA
76. Tomkins SS (1984) *Affect theory*. *Approaches to emotion* 163:31–65
77. Ekman P (1992) An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion* 6:169–200. <https://doi.org/10.1080/02699939208411068>
78. Ekman P (1999) Facial expressions. *Handbook of cognition and emotion* 16:e320
79. Ekman P, Friesen WV (1971) Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology* 17:124–129. <https://doi.org/10.1037/h0030377>
80. Plutchik R (1980) *Emotion. A psychoevolutionary synthesis*. Harper & Row, New York
81. Plutchik R (2003) *Emotions and Life: Perspectives from Psychology, Biology, and Evolution*. American Psychological Association, Washington, DC
82. Russell JA (1980) A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology* 39:1161
83. Ortony A, Turner TJ (1990) What's basic about basic emotions? *Psychological Review* 97:315–331. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.97.3.315>
84. Ekman P (1992) Are there basic emotions? *Psychological Review* 99:550–553. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.3.550>
85. Mehrabian A, Russell JA (1974) *An approach to environmental psychology*. the MIT Press
86. Fontaine JRJ, Scherer KR, Roesch EB, Ellsworth PC (2007) The World of Emotions is not Two-Dimensional. *Psychological Science* 18:1050–1057. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.02024.x>
87. Russell JA (2003) Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological review* 110:145
88. Ekkekakis P (2013) *The measurement of affect, mood, and emotion: A guide for health-behavioral research*. Cambridge University Press
89. Arnold MB (1960) *Emotion and personality*. Columbia University Press, Oxford, England
90. Lazarus RS (1966) *Psychological stress and the coping process*. McGraw-Hill, New York, US
91. Ellsworth PC, Scherer KR (2003) Appraisal processes in emotion. In: *Handbook of affective sciences*. Oxford University Press, New York, US, pp 572–595
92. Moors A, Ellsworth PC, Scherer KR, Frijda NH (2013) Appraisal Theories of Emotion: State of the Art and Future Development. *Emotion Review* 5:119–124. <https://doi.org/10.1177/1754073912468165>
93. Scherer KR (2005) What are emotions? And how can they be measured? *Social Science Information* 44:695–729. <https://doi.org/10.1177/0539018405058216>
94. Lazarus RS (1991) Progress on a cognitive-motivational-relational theory of emotion. *American Psychologist* 46:819–834. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.46.8.819>
95. Scherer KR (1984) Emotion as a multicomponent process: a model and some cross-cultural data. *Review of personality & social psychology* 5:37–63
96. Brave S, Nass C (2002) Emotion in Human–Computer Interaction. In: *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*. CRC Press
97. Lazarus RS, Folkman S (1984) *Stress, Appraisal and Coping*. Springer, New York, US
98. Lazarus RS (1999) *Stress and emotion: A new synthesis*. Springer publishing company, New York, US

99. Frijda NH (1986) *The emotions*. Cambridge University Press
100. Mauss IB, Robinson MD (2009) Measures of emotion: A review. *Cognition and Emotion* 23:209–237. <https://doi.org/10.1080/02699930802204677>
101. Bradley MM, Lang PJ (2000) Measuring emotion: Behavior, feeling, and physiology. In: *Cognitive neuroscience of emotion*. Oxford University Press, New York, US, pp 242–276
102. Boyle GJ, Helmes E, Matthews G, E. Izard C (2015) Measures of Affect Dimensions. In: *Measures of Personality and Social Psychological Constructs*. Academic Press, San Diego, pp 190–224
103. Crispim AC, Archer AB, Cruz RM (2014) Methodological issues about affect: A systematic review about assessment tests of affect. *International Journal of Education and Social Science* 1:118–126
104. Izard CE, Libero DZ, Putnam P, Haynes OM (1993) Stability of emotion experiences and their relations to traits of personality. *Journal of Personality and Social Psychology* 64:847–860. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.64.5.847>
105. Lubin B, Zuckerman M (1999) *Manual for the MAACL-R: Multiple Affect Adjective Check List-Revised*. San Diego, CA
106. Heuchert JP, McNair DM (2012) *Profile of Mood States, 2nd Edition: POMS 2*
107. Desmet P (2004) Measuring Emotion: Development and Application of an Instrument to Measure Emotional Responses to Products. In: *Funology: From Usability to Enjoyment*. Springer, Dordrecht, Netherlands, pp 111–123
108. Spielberger C, Gorsuch R, Lushene R, et al (1983) *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA
109. Russell JA, Weiss A, Mendelsohn GA (1989) Affect Grid: A single-item scale of pleasure and arousal. *Journal of Personality and Social Psychology* 57:493–502. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.3.493>
110. Bradley MM, Lang PJ (1994) Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 25:49–59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9)
111. Watson D, Clark LA (1999) *The PANAS-X: Manual for the Positive and Negative Affect Schedule-Expanded Form*. University of Iowa.
112. Larsen JT, Norris CJ, McGraw AP, et al (2009) The evaluative space grid: A single-item measure of positivity and negativity. *Cognition and Emotion* 23:453–480. <https://doi.org/10.1080/02699930801994054>
113. Jacob RG, Simons AD, Manuck SB, et al (1989) The Circular Mood Scale: A new technique of measuring ambulatory mood. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment* 11:153–173. <https://doi.org/10.1007/BF00960477>
114. Thayer RE (1986) Activation-Deactivation Adjective Check List: Current Overview and Structural Analysis. *Psychological Reports* 58:607–614. <https://doi.org/10.2466/pr0.1986.58.2.607>
115. Peacock EJ, Wong PT (1990) The stress appraisal measure (SAM): A multidimensional approach to cognitive appraisal. *Stress medicine* 6:227–236
116. Cohen S, Kamarck T, Mermelstein R (1983) A global measure of perceived stress. *Journal of Health and Social Behavior* 385–396
117. Brantley PJ, Waggoner CD, Jones GN, Rappaport NB (1987) A daily stress inventory: Development, reliability, and validity. *Journal of Behavioral Medicine* 10:61–73
118. Cowie R, Douglas-Cowie E, Tsapatsoulis N, et al (2001) Emotion recognition in human-computer interaction. *IEEE Signal Processing Magazine* 18:32–80. <https://doi.org/10.1109/79.911197>
119. Ekman P (1993) Facial expression and emotion. *American Psychologist* 48:384–392. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.48.4.384>

120. Ekman P, Friesen WV (1978) *Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA
121. Ekman P, Friesen WV, Hager JC (2002) *The Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*, Consulting Psychologists Press. San Francisco, CA
122. Noldus. Facial expression recognition software | FaceReader. <https://www.noldus.com/facereader>. Accessed 27 Jan 2022
123. Larsen JT, Norris CJ, Cacioppo JT (2003) Effects of positive and negative affect on electromyographic activity over zygomaticus major and corrugator supercilii. *Psychophysiology* 40:776–785. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00078>
124. Bachorowski J-A (1999) Vocal Expression and Perception of Emotion. *Current Directions in Psychological Science* 8:53–57. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00013>
125. Baumeister RF, Stillwell AM, Heatherton TF (1995) Personal Narratives About Guilt: Role in Action Control and Interpersonal Relationships. *Basic and Applied Social Psychology* 17:173–198. <https://doi.org/10.1080/01973533.1995.9646138>
126. Brosch T, Scherer KR, Grandjean DM, Sander D (2013) The impact of emotion on perception, attention, memory, and decision-making. *Swiss Medical Weekly* 143:w13786. <https://doi.org/10.4414/smw.2013.13786>
127. Storbeck J, Clore GL (2008) Affective Arousal as Information: How Affective Arousal Influences Judgments, Learning, and Memory. *Social and Personality Psychology Compass* 2:1824–1843. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2008.00138.x>
128. Lu Y, Jaquess KJ, Hatfield BD, et al (2017) Valence and arousal of emotional stimuli impact cognitive-motor performance in an oddball task. *Biological Psychology* 125:105–114. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.02.010>
129. Cai H, Lin Y (2011) Modeling of operators' emotion and task performance in a virtual driving environment. *International Journal of Human-Computer Studies* 69:571–586. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2011.05.003>
130. Kreibitz SD (2010) Autonomic nervous system activity in emotion: a review. *Biological psychology* 84:394–421. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.03.010>
131. Dirican AC, Göktürk M (2011) Psychophysiological measures of human cognitive states applied in human computer interaction. *Procedia Computer Science* 3:1361–1367. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.01.016>
132. Lisetti CL, Nasoz F (2004) Using Noninvasive Wearable Computers to Recognize Human Emotions from Physiological Signals. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing* 2004:1–16. <https://doi.org/10.1155/S1110865704406192>
133. Mori K, Iwanaga M (2017) Two types of peak emotional responses to music: The psychophysiology of chills and tears. *Scientific Reports* 7:46063. <https://doi.org/10.1038/srep46063>
134. Kim H-G, Cheon E-J, Bai D-S, et al (2018) Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry Investigation* 15:235–245. <https://doi.org/10.30773/pi.2017.08.17>
135. Shaffer F, Ginsberg JP (2017) An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health* 5:258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
136. Castaldo R, Montesinos L, Melillo P, et al (2019) Ultra-short term HRV features as surrogates of short term HRV: a case study on mental stress detection in real life. *BMC Medical Informatics and Decision Making* 19:12–12. <https://doi.org/10.1186/s12911-019-0742-y>
137. Boucsein W (2012) *Electrodermal activity*. Springer Science & Business Media

138. Schaaff K, Adam MT (2013) Measuring emotional arousal for online applications: Evaluation of ultra-short term heart rate variability measures. In: Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction. IEEE, pp 362–368
139. Salahuddin L, Cho J, Jeong MG, Kim D (2007) Ultra short term analysis of heart rate variability for monitoring mental stress in mobile settings. In: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. pp 4656–4659
140. Brosschot JF, Thayer JF (2003) Heart rate response is longer after negative emotions than after positive emotions. *International Journal of Psychophysiology* 50:181–187. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(03\)00146-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(03)00146-6)
141. Brouwer A-M, Van Wouwe N, Muehl C, et al (2013) Perceiving blocks of emotional pictures and sounds: effects on physiological variables. *Frontiers in Human Neuroscience* 7:295. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00295>
142. Sun F-T, Kuo C, Cheng H-T, et al (2010) Activity-aware mental stress detection using physiological sensors. In: International conference on Mobile computing, applications, and services. Springer, pp 282–301
143. Droulers O, Lajante M, Lacoste-Badie S (2013) Apport de la démarche neuroscientifique à la mesure des émotions : importation d’une nouvelle méthode de mesure de l’activité électrodermale. *Décisions Marketing*. <https://doi.org/10.7193/dm.072.87.101>
144. Hofstede G (1994) The business of international business is culture. *International Business Review* 3:1–14. [https://doi.org/10.1016/0969-5931\(94\)90011-6](https://doi.org/10.1016/0969-5931(94)90011-6)
145. Hofstede GH, Hofstede GJ, Minkov M (2005) *Cultures and organizations: Software of the mind*. McGraw-hill, New York, US
146. Hofstede G (2001) *Culture’s consequences: Comparing values, behaviors, institutions and organizations across nations*. Sage publications
147. Lim N (2016) Cultural differences in emotion: differences in emotional arousal level between the East and the West. *Integrative Medicine Research* 5:105–109. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2016.03.004>
148. Tsai JL, Levenson RW, McCoy K (2006) Cultural and temperamental variation in emotional response. *Emotion* 6:484. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.6.3.484>
149. Matsumoto D (1989) Cultural influences on the perception of emotion. *Journal of Cross-Cultural Psychology* 20:92–105. <https://doi.org/10.1177/0022022189201006>
150. Imada T, Ellsworth PC (2011) Proud Americans and lucky Japanese: cultural differences in appraisal and corresponding emotion. *Emotion* 11:329–345. <https://doi.org/10.1037/a0022855>
151. Buck R, Miller RE, Caul WF (1974) Sex, personality, and physiological variables in the communication of affect via facial expression. *Journal of Personality and Social Psychology* 30:587–596. <https://doi.org/10.1037/h0037041>
152. Fischer AH, Rodriguez Mosquera PM, Van Vianen AE, Manstead AS (2004) Gender and culture differences in emotion. *Emotion* 4:87. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.4.1.87>
153. Ross CE, Mirowsky J (2008) Age and the balance of emotions. *Social Science & Medicine* 66:2391–2400. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2008.01.048>
154. Mroczek DK (2001) Age and Emotion in Adulthood. *Current Directions in Psychological Science* 10:87–90. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00122>
155. Mroczek DK, Kolarz CM (1998) The effect of age on positive and negative affect: a developmental perspective on happiness. *Journal of Personality and Social Psychology* 75:1333–1349. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.75.5.1333>
156. Costa Jr PT, McCrae RR (2008) *The Revised Neo Personality Inventory (neo-pi-r)*. Sage Publications

157. Spielberger CD, Sydeman SJ, Owen AE, Marsh BJ (1999) Measuring anxiety and anger with the State-Trait Anxiety Inventory (STAI) and the State-Trait Anger Expression Inventory (STAXI). Lawrence Erlbaum Associates Publishers
158. Alberts NM, Hadjistavropoulos HD, Jones SL, Sharpe D (2013) The Short Health Anxiety Inventory: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Anxiety Disorders* 27:68–78. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2012.10.009>
159. Salkovskis PM, Rimes KA, Warwick H, Clark D (2002) The Health Anxiety Inventory: Development and validation of scales for the measurement of health anxiety and hypochondriasis. *Psychological medicine* 32:843–853. <https://doi.org/10.1017/s0033291702005822>
160. Winter KA, Kuiper NA (1997) Individual differences in the experience of emotions. *Clinical Psychology Review* 17:791–821. [https://doi.org/10.1016/S0272-7358\(97\)00057-3](https://doi.org/10.1016/S0272-7358(97)00057-3)
161. Canli T (2004) Functional brain mapping of extraversion and neuroticism: learning from individual differences in emotion processing. *Journal of Personality* 72:1105–1132. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.2004.00292.x>
162. Zohar D, Tzischinsky O, Epstein R, Lavie P (2005) The Effects of Sleep Loss on Medical Residents' Emotional Reactions to Work Events: a Cognitive-Energy Model. *Sleep* 28:47–54. <https://doi.org/10.1093/sleep/28.1.47>
163. Wolf J, Niederhauser V, Marshburn D, LaVela S (2014) Defining Patient Experience. *Patient Experience Journal* 1:7–19. <https://doi.org/10.35680/2372-0247.1004>
164. McColl-Kennedy JR, Danaher TS, Gallan AS, et al (2017) How do you feel today? Managing patient emotions during health care experiences to enhance well-being. *Journal of Business Research* 79:247–259. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.03.022>
165. Andersen TO, Andersen PRD, Kornum AC, Larsen TM (2017) Understanding patient experience: a deployment study in cardiac remote monitoring. In: *Proceedings of the 11th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. Association for Computing Machinery, New York, USA, pp 221–230
166. Turner-Cobb JM, Michalaki M, Osborn M (2015) Self-conscious emotions in patients suffering from chronic musculoskeletal pain: a brief report. *Psychology & Health* 30:495–501. <https://doi.org/10.1080/08870446.2014.991735>
167. Berry LL, Davis SW, Wilmet J (2015) When the customer is stressed
168. Bonito A, Horowitz N, McCorkle R, Chagpar AB (2013) Do healthcare professionals discuss the emotional impact of cancer with patients? *Psycho-Oncology* 22:2046–2050. <https://doi.org/10.1002/pon.3258>
169. Ferrer RA, Mendes WB (2018) Emotion, health decision making, and health behaviour. *Psychology & Health* 33:1–16. <https://doi.org/10.1080/08870446.2017.1385787>
170. Consedine NS, Moskowitz JT (2007) The role of discrete emotions in health outcomes: A critical review. *Applied and Preventive Psychology* 12:59–75. <https://doi.org/10.1016/j.appsy.2007.09.001>
171. Gallan AS, Jarvis CB, Brown SW, Bitner MJ (2013) Customer positivity and participation in services: an empirical test in a health care context. *Journal of the Academy of Marketing Science* 41:338–356. <https://doi.org/10.1007/s11747-012-0307-4>
172. Klasnja P, Consolvo S, McDonald DW, et al (2009) Using Mobile & Personal Sensing Technologies to Support Health Behavior Change in Everyday Life: Lessons Learned. In: *AMIA Annual Symposium Proceedings*. American Medical Informatics Association, pp 338–342
173. Rieder A, Eseryel UY, Lehrer C, Jung R (2021) Why Users Comply with Wearables: The Role of Contextual Self-Efficacy in Behavioral Change. *International Journal of Human-Computer Interaction* 37:281–294. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1819669>
174. Yokoi R, Eguchi Y, Fujita T, Nakayachi K (2021) Artificial Intelligence Is Trusted Less than a Doctor in Medical Treatment Decisions: Influence of Perceived Care and Value Similarity.

- International Journal of Human–Computer Interaction 37:981–990.
<https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1861763>
175. Abras C, Maloney-Krichmar D, Preece J (2004) User-centered design. In: Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction, Sage Publications. Thousand Oaks, pp 445–456
 176. Plattner H (2010) An introduction to design thinking process guide. The Institute of Design at Stanford
 177. Aoussat A (1990) La pertinence en innovation : nécessité d’une approche plurielle. Thèse de doctorat, Génie Industriel, ENSAM Paris
 178. Hassenzahl M, Tractinsky N (2006) User experience - a research agenda. Behaviour & Information Technology 25:91–97. <https://doi.org/10.1080/01449290500330331>
 179. Lindgaard G, Dudek C (2002) User Satisfaction, Aesthetics and Usability. Springer, Boston, MA, pp 231–246
 180. Loiacono ET, Watson RT, Goodhue DL (2007) WebQual: An Instrument for Consumer Evaluation of Web Sites. International Journal of Electronic Commerce 11:51–87.
<https://doi.org/10.2753/JEC1086-4415110302>
 181. Bouchard C, Lim D, Aoussat A (2003) Development of a Kansei Engineering System for industrial design. In: Proceedings of the Asian Design International Conference. pp 1–12
 182. Levy P (2013) Beyond kansei engineering: The emancipation of kansei design. International Journal of Design 7:83–94
 183. Saariluoma P, Jokinen JPP (2014) Emotional Dimensions of User Experience: A User Psychological Analysis. International Journal of Human–Computer Interaction 30:303–320.
<https://doi.org/10.1080/10447318.2013.858460>
 184. Hudlicka E (2003) To feel or not to feel: The role of affect in human–computer interaction. International Journal of Human-Computer Studies 59:1–32. [https://doi.org/10.1016/S1071-5819\(03\)00047-8](https://doi.org/10.1016/S1071-5819(03)00047-8)
 185. Lottridge D, Chignell M, Jovicic A (2011) Affective Interaction: Understanding, Evaluating, and Designing for Human Emotion. Reviews of Human Factors and Ergonomics 7:197–217.
<https://doi.org/10.1177/1557234X11410385>
 186. Sauer J, Sonderegger A (2009) The influence of prototype fidelity and aesthetics of design in usability tests: Effects on user behaviour, subjective evaluation and emotion. Applied Ergonomics 40:670–677. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.06.006>
 187. Hjortskov N, Rissén D, Blangsted AK, et al (2004) The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work. European Journal of Applied Physiology 92:84–89. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1055-z>
 188. Dehais F, Causse M, Vachon F, Tremblay S (2012) Cognitive conflict in human–automation interactions: A psychophysiological study. Applied Ergonomics 43:588–595.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.09.004>
 189. Tiberio L, Cesta A, Olivetti Belardinelli M (2013) Psychophysiological Methods to Evaluate User’s Response in Human Robot Interaction: A Review and Feasibility Study. 2:92–121.
<https://doi.org/10.3390/robotics2020092>
 190. Higuera-Trujillo JL, López-Tarruella Maldonado J, Llinares Millán C (2017) Psychological and physiological human responses to simulated and real environments: A comparison between Photographs, 360° Panoramas, and Virtual Reality. Applied Ergonomics 65:398–409.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.05.006>
 191. Chanel G, Rebetez C, Bétrancourt M, Pun T (2011) Emotion Assessment From Physiological Signals for Adaptation of Game Difficulty. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans 41:1052–1063. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2011.2116000>

192. Liu C, Agrawal P, Sarkar N, Chen S (2009) Dynamic Difficulty Adjustment in Computer Games Through Real-Time Anxiety-Based Affective Feedback. *International Journal of Human-Computer Interaction* 25:506–529. <https://doi.org/10.1080/10447310902963944>
193. Apple (2006) Apple human interface design guidelines: Introduction to apple human interface guidelines
194. Microsoft Corporation (2006) Windows xp - guidelines for applications
195. Sun Microsystems (2001) Java look and feel design guidelines
196. GNOME (2004) Gnome human interface guidelines 2.0
197. Lowry PB, Wilson DW, Haig WL (2014) A Picture is Worth a Thousand Words: Source Credibility Theory Applied to Logo and Website Design for Heightened Credibility and Consumer Trust. *International Journal of Human-Computer Interaction* 30:63–93. <https://doi.org/10.1080/10447318.2013.839899>
198. Noei E, Syer MD, Zou Y, et al (2017) A study of the relation of mobile device attributes with the user-perceived quality of Android apps. *Empirical Software Engineering* 22:3088–3116. <https://doi.org/10.1007/s10664-017-9507-3>
199. Bhandari U, Neben T, Chang K, Chua WY (2017) Effects of interface design factors on affective responses and quality evaluations in mobile applications. *Computers in Human Behavior* 72:525–534. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.044>
200. Heidig S, Müller J, Reichelt M (2015) Emotional design in multimedia learning: Differentiation on relevant design features and their effects on emotions and learning. *Computers in Human Behavior* 44:81–95. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.009>
201. Kim J, Lee J, Choi D (2003) Designing emotionally evocative homepages: an empirical study of the quantitative relations between design factors and emotional dimensions. *International Journal of Human-Computer Studies* 59:899–940. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2003.06.002>
202. Nachreiner F, Nickel P, Meyer I (2006) Human factors in process control systems: The design of human-machine interfaces. *Safety Science* 44:5–26. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.09.003>
203. Clarke T, Costall A (2008) The emotional connotations of color: A qualitative investigation. *Color Research & Application* 33:406–410. <https://doi.org/10.1002/col.20435>
204. Lockner D, Bonnardel N (2014) Emotion and Interface Design - How to measure interface design emotional effect? In: KEER2014, Proceedings of the 5th International Conference on Kanani Engineering and Emotion Research. Linköping University Electronic Press, Linköping, Sweden, pp 51–69
205. Bhandari U, Chang K, Neben T (2019) Understanding the impact of perceived visual aesthetics on user evaluations: An emotional perspective. *Information & Management* 56:85–93. <https://doi.org/10.1016/j.im.2018.07.003>
206. Sutcliffe A (2009) Designing for User Engagement: Aesthetic and Attractive User Interfaces. *Synthesis Lectures on Human-Centered Informatics* 2:1–55. <https://doi.org/10.2200/S00210ED1V01Y200910HCI005>
207. Orji R, Moffatt K (2018) Persuasive technology for health and wellness: State-of-the-art and emerging trends. *Health Informatics J* 24:66–91. <https://doi.org/10.1177/1460458216650979>
208. Kumar JA, Muniandy B, Wan Yahaya WAJ (2019) Exploring the effects of emotional design and emotional intelligence in multimedia-based learning: an engineering educational perspective. *New Review of Hypermedia and Multimedia* 25:57–86. <https://doi.org/10.1080/13614568.2019.1596169>
209. Yi M, Bao D, Mo Y (2021) Exploring the Role of Visual Design in Digital Public Health Safety Education. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18:7965. <https://doi.org/10.3390/ijerph18157965>

210. Agnisarman SO, Chalil Madathil K, Smith K, et al (2017) Lessons learned from the usability assessment of home-based telemedicine systems. *Applied Ergonomics* 58:424–434. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.08.003>
211. Fang Y-M, Chun L, Chu B-C (2019) Older Adults' Usability and Emotional Reactions toward Text, Diagram, Image, and Animation Interfaces for Displaying Health Information. *Applied Sciences* 9:1058. <https://doi.org/10.3390/app9061058>
212. Parthasarathy R, Fang X (2013) Introducing Emotional Interfaces to Healthcare Systems. In: *Human-Computer Interaction*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 150–162
213. Ozok AA, Wu H, Gurses AP (2017) Exploring Patients' Use Intention of Personal Health Record Systems: Implications for Design. *International Journal of Human-Computer Interaction* 33:265–279. <https://doi.org/10.1080/10447318.2016.1277637>
214. ter Stal S, Tabak M, op den Akker H, et al (2020) Who Do You Prefer? The Effect of Age, Gender and Role on Users' First Impressions of Embodied Conversational Agents in eHealth. *International Journal of Human-Computer Interaction* 36:881–892. <https://doi.org/10.1080/10447318.2019.1699744>
215. Smahel D, Elavsky S, Machackova H (2019) Functions of mHealth applications: A user's perspective. *Health Informatics J* 25:1065–1075. <https://doi.org/10.1177/1460458217740725>
216. Intille SS (2004) Ubiquitous computing technology for just-in-time motivation of behavior change. *Studies in Health Technology and Informatics* 107:1434–1437
217. Chen SY, Macredie R (2010) Web-based interaction: A review of three important human factors. *International Journal of Information Management* 30:379–387. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2010.02.009>
218. Lin CJ, Hsieh TL (2016) Exploring the design criteria of website interfaces for gender. *International Journal of Industrial Ergonomics* 53:306–311. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.02.002>
219. Alsswey A, Al-Samarraie H (2020) Elderly users' acceptance of mHealth user interface (UI) design-based culture: the moderator role of age. *Journal on Multimodal User Interfaces* 14:49–59. <https://doi.org/10.1007/s12193-019-00307-w>
220. Chen SY, Magoulas GD, Dimakopoulos D (2005) A flexible interface design for Web directories to accommodate different cognitive styles. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 56:70–83. <https://doi.org/10.1002/asi.20103>
221. Hölscher C, Strube G (2000) Web search behavior of Internet experts and newbies. *Computer Networks* 33:337–346. [https://doi.org/10.1016/S1389-1286\(00\)00031-1](https://doi.org/10.1016/S1389-1286(00)00031-1)
222. Mitchell TJ, Chen SY, Macredie RD (2005) Hypermedia learning and prior knowledge: domain expertise vs. system expertise. *Journal of Computer Assisted Learning* 21:53–64. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2005.00113.x>
223. Marcus A, Gould EW (2000) Crosscurrents: cultural dimensions and global Web user-interface design. *Interactions* 7:32–46. <https://doi.org/10.1145/345190.345238>
224. Würtz E (2005) Intercultural Communication on Web sites: A Cross-Cultural Analysis of Web sites from High-Context Cultures and Low-Context Cultures. *Journal of Computer-Mediated Communication* 11:274–299. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2006.tb00313.x>
225. Hall ET (1989) *Beyond Culture*. Anchor Books, Garden City, NY
226. Ahmed T, Mouratidis H, Preston D (2008) Website Design and Localisation: A Comparison of Malaysia and Britain. *International Journal of Cyber Society and Education* 1:3–16. <https://doi.org/10.29430/IJCSE.200803.0003>
227. Sook Lee M, Geistfeld LV, Stoel L (2007) Cultural differences between Korean and American apparel web sites. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal* 11:511–528. <https://doi.org/10.1108/13612020710824571>

228. Hsieh HCL (2015) Probing the effects of culture on the communication of websites design. *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 16:606–630. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2015.1084398>
229. Singh N, Fassott G, Zhao H, Boughton PD (2006) A cross-cultural analysis of German, Chinese and Indian consumers' perception of web site adaptation. *Journal of Consumer Behaviour* 5:56–68. <https://doi.org/10.1002/cb.43>
230. Hassanein K, Head M, Ju C (2009) A cross-cultural comparison of the impact of Social Presence on website trust, usefulness and enjoyment. *International Journal of Electronic Business* 7:625–641. <https://doi.org/10.1504/IJEB.2009.02905>
231. Chau PY, Cole M, Massey AP, et al (2002) Cultural differences in the online behavior of consumers. *Communications of the ACM* 45:138–143. <https://doi.org/10.1145/570907.570911>
232. Jordan EJ, Norman WC, Vogt CA (2013) A cross-cultural comparison of online travel information search behaviors. *Tourism Management Perspectives* 6:15–22. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2012.11.002>
233. Barber W, Badre A (1998) Culturability: The merging of culture and usability. In: *Proceedings of the 4th Conference on Human Factors and the Web*. Basking Ridge, New Jersey, pp 1–10
234. Takagi H (2001) Interactive evolutionary computation: fusion of the capabilities of EC optimization and human evaluation. *Proceedings of the IEEE* 89:1275–1296. <https://doi.org/10.1109/5.949485>
235. Poirson E, Petiot J-F, Boivin L, Blumenthal D (2013) Eliciting User Perceptions Using Assessment Tests Based on an Interactive Genetic Algorithm. *Journal of Mechanical Design* 135:1–16. <https://doi.org/10.1115/1.4023282>
236. Kelly J, Papalambros PY, Seifert CM (2008) Interactive Genetic Algorithms for Use as Creativity Enhancement Tools. In: *AAAI spring symposium: creative intelligent systems*. pp 34–39
237. Quiroz JC, Louis SJ, Shankar A, Dascalu SM (2007) Interactive Genetic Algorithms for User Interface Design. In: *2007 IEEE Congress on Evolutionary Computation*. pp 1366–1373
238. Diego-Mas JA, Garzon-Leal D, Poveda-Bautista R, Alcaide-Marzal J (2019) User-interfaces layout optimization using eye-tracking, mouse movements and genetic algorithms. *Applied ergonomics* 78:197–209
239. Llorà X, Sastry K, Goldberg DE, et al (2005) Combating user fatigue in iGAs: partial ordering, support vector machines, and synthetic fitness. In: *Proceedings of the 7th annual conference on Genetic and evolutionary computation*. Association for Computing Machinery, New York, USA, pp 1363–1370
240. Kim H-S, Cho S-B (2000) Application of interactive genetic algorithm to fashion design. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 13:635–644. [https://doi.org/10.1016/S0952-1976\(00\)00045-2](https://doi.org/10.1016/S0952-1976(00)00045-2)
241. Cho S-B (2002) Towards Creative Evolutionary Systems with Interactive Genetic Algorithm. *Applied Intelligence* 16:129–138. <https://doi.org/10.1023/A:1013614519179>
242. Souaille T, Petiot J-F, Lagrange M, Misdariis N (2021) Extracting Design Recommendations from Interactive Genetic Algorithm Experiments: Application to the Design of Sounds for Electric Vehicles. In: *ICED21 International Conference on Engineering Design*. Cambridge University Press, Gothenburg, Sweden, pp 1567–1576
243. Gu Z, Xi Tang M, Frazer JH (2006) Capturing aesthetic intention during interactive evolution. *Computer-Aided Design* 38:224–237. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2005.10.008>
244. Koma S, Yamabe Y, Tani A (2017) Research on urban landscape design using the interactive genetic algorithm and 3D images. *Visualization in Engineering* 5:1–10. <https://doi.org/10.1186/s40327-016-0039-5>

245. Bandte O, Malinchik S (2004) A Broad and Narrow Approach to Interactive Evolutionary Design – An Aircraft Design Example. In: Genetic and Evolutionary Computation. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 883–895
246. Nathan-Roberts D, Liu Y (2010) Investigation of Relative Mobile Phone Size Preference Using Interactive Genetic Algorithms. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 54:1807–1811. <https://doi.org/10.1177/154193121005402014>
247. Farooq H, Siddique MT (2014) A Comparative Study on User Interfaces of Interactive Genetic Algorithm. Procedia Computer Science 32:45–52. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.05.396>
248. Cheng S, Dey AK (2019) I see, you design: user interface intelligent design system with eye tracking and interactive genetic algorithm. CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction 1:224–236. <https://doi.org/10.1007/s42486-019-00019-w>
249. Bauerly M, Liu Y (2009) Evaluation and improvement of interface aesthetics with an interactive genetic algorithm. International Journal of Human–Computer Interaction 25:155–166. <https://doi.org/10.1080/10447310802629801>
250. Sakulin S, Alfimtsev A, Solovyev D, Sokolov D (2018) Web page interface optimization based on nature-inspired algorithms. International Journal of Swarm Intelligence Research 9:28–46. <https://doi.org/10.4018/IJSIR.2018040103>
251. Marteau TM, Bekker H (1992) The development of a six-item short-form of the state scale of the Spielberger State—Trait Anxiety Inventory (STAI). British Journal of Clinical Psychology 31:301–306. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8260.1992.tb00997.x>
252. BIOPAC Systems, Inc. 233 - Heart Rate Variability - Preparing Data for Analysis. <https://www.biopac.com/application-note/heart-rate-variability-preparing-data-for-analysis/>. Accessed 18 Mar 2022
253. Martínez CAG, Quintana AO, Vila XA, et al (2017) Heart rate variability analysis with the R package RHRV. Springer International Publishing, Germany
254. International Diabetes Federation IDF Diabetes Atlas | Tenth Edition. Diabetes around the world in 2021. <https://diabetesatlas.org/>. Accessed 12 Jun 2022
255. Statistica - Health, Pharma & Medtech Diabetes in China - statistics & facts. <https://www.statista.com/topics/6556/diabetes-in-china/>. Accessed 13 May 2022
256. Ministère des Solidarités et de la Santé Diabète. <https://solidarites-sante.gouv.fr/soins-et-maladies/maladies/article/diabete>. Accessed 13 May 2022
257. Ahmed T, Mouratidis H, Preston D (2009) Website Design Guidelines: High Power Distance and High Context Culture. International Journal of Cyber Society and Education 2:47–60
258. Carey MP, Jorgensen RS, Weinstock RS, et al (1991) Reliability and validity of the appraisal of diabetes scale. Journal of Behavioral Medicine 14:43–51. <https://doi.org/10.1007/BF00844767>
259. Sivadas E, Bruvold NT, Nelson MR (2008) A reduced version of the horizontal and vertical individualism and collectivism scale: A four-country assessment. Journal of Business Research 61:201–210. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2007.06.016>
260. Loiacono ET, Watson RT, Goodhue DL (2002) WebQual: A Measure of Website Quality. Marketing Theory and Applications 13:432–438

ANNEXES

A Réponses émotionnelles à la consultation de données de santé

A.1 Installation et équipements de l'expérimentation

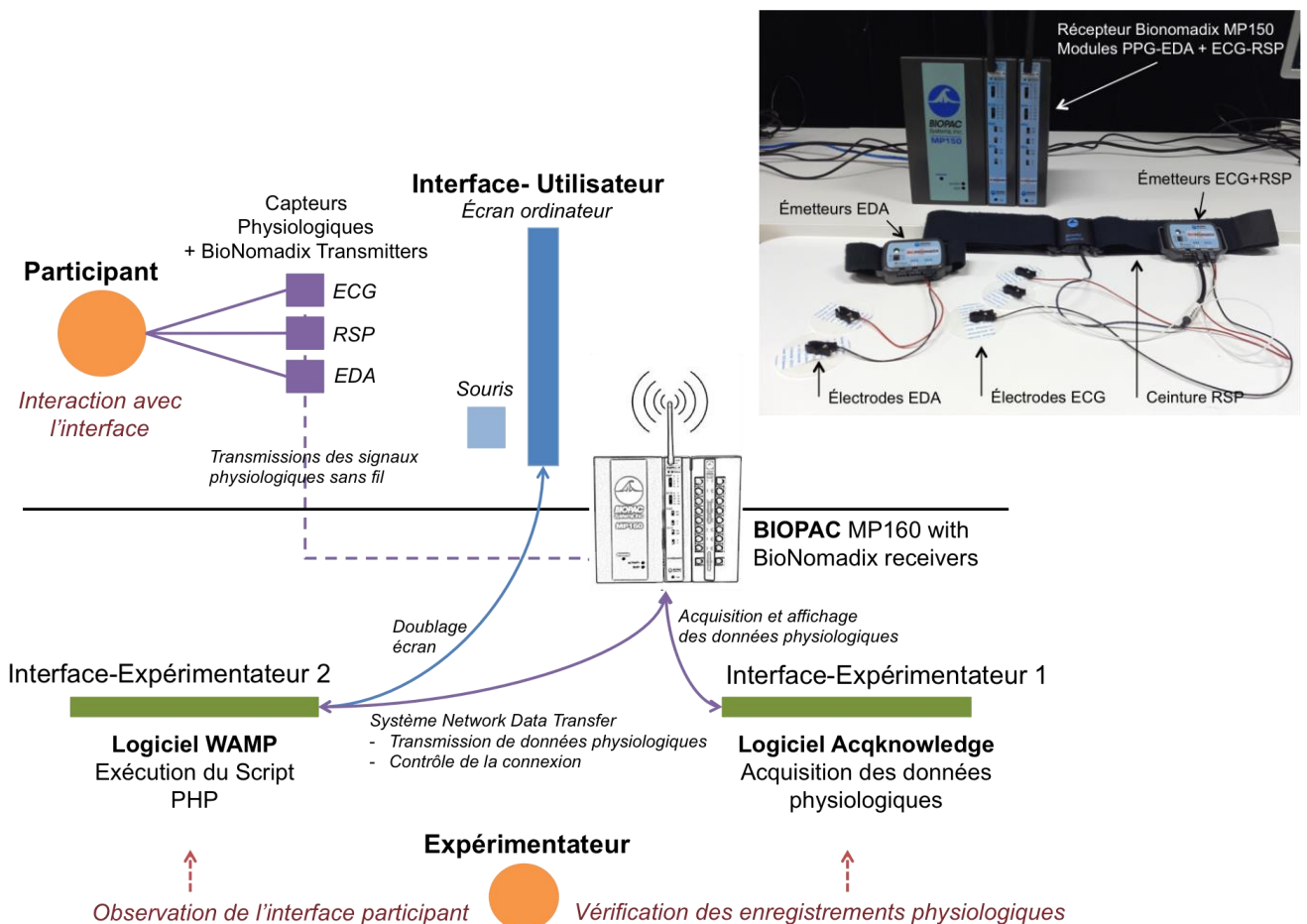


Figure A-1 : Installation de l'expérimentation et équipements pour l'acquisition des mesures physiologiques : Capteurs, émetteurs et récepteur de BioNomadix de Biopac

A.2 Questionnaires sur les caractéristiques individuelles

Questionnaires sur les traits et habitudes individuelles

Fournis aux participants en format papier

Questionnaires à remplir au début de l'expérience

Remplissez chaque questionnaire avec attention. Même si des questions se ressemblent, elles sont toutes différentes les unes des autres. Chaque question doit être traitée comme une question différente des autres.

Répondez aux questions, en vous basant seulement sur vos **impressions, sentiments et habitudes** au cours des **6 derniers mois**.

Indiquez pour chacune des questions la réponse qui vous paraît la plus proche de la réalité. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Répondez **instinctivement** en vous basant sur votre premier ressenti. Les réponses ne seront pas utilisées pour vous comparer à d'autres candidats.

Les réponses aux questions ne seront pas interprétées individuellement. Toutes les réponses resteront **anonymes**.

Genre : Homme Femme Autre

Âge :

Nationalité :

Pays de résidence :

Maladie ou problèmes médicaux quelconques à signaler (asthme, troubles cardiaques, troubles respiratoires, défaut de vision...) :

.....
.....
.....

Merci de participer à l'expérience !

Questionnaire 1 : Anxiété par rapport à la santé

Chaque question ci-dessous comprend un groupe de quatre phrases. Lisez attentivement chaque phrase, puis cocher la phrase qui décrit le mieux vos sentiments, impressions et tendances **au cours des six derniers mois**.

-
- 1
- Je ne m'inquiète jamais pour ma santé.
 - Je m'inquiète parfois de ma santé.
 - Je passe beaucoup de temps à m'inquiéter pour ma santé.
 - Je passe la plupart de mon temps à m'inquiéter pour ma santé.
-
- 2
- Je remarque moins de douleurs dans mon corps que la plupart des gens de mon âge.
 - Je remarque autant de douleurs dans mon corps que la plupart des autres personnes de mon âge.
 - Je remarque plus de douleurs dans mon corps que la plupart des autres personnes de mon âge.
 - Je remarque des douleurs dans mon corps tout le temps.
-
- 3
- En générale, je ne fais pas attention aux sensations ou changements dans mon corps.
 - Parfois, je fais attention aux sensations ou changements dans mon corps.
 - Je fais souvent attention aux sensations ou changements dans mon corps.
 - Je fais constamment attention aux sensations ou changements dans mon corps.
-
- 4
- Résister à mes pensées de maladies n'est jamais un problème.
 - La plupart du temps, je peux résister à mes pensées de maladies.
 - J'essaie de résister à mes pensées de maladies, mais je suis souvent incapable de le faire.
 - Mes pensées de maladies sont si fortes que je n'essaye même plus de leur résister.
-
- 5
- En règle générale, je n'ai jamais peur d'avoir une maladie grave.
 - J'ai parfois peur d'avoir une maladie grave.
 - J'ai souvent peur d'avoir une maladie grave.
 - J'ai toujours peur d'avoir une maladie grave.
-
- 6
- Je n'ai jamais d'images (images mentales) de moi-même malade.
 - J'ai parfois des images de moi-même malade.
 - J'ai souvent des images de moi-même malade.
 - J'ai constamment des images de moi-même malade.
-
- 7
- Je n'éprouve aucune difficulté à penser à autre chose que de ma santé.
 - J'ai parfois du mal à penser à autre chose que de ma santé.
 - J'ai souvent du mal à penser à autre chose que de ma santé.
 - Rien ne peut me faire penser à autre chose que de ma santé.
-
- 8
- Je suis soulagé(e) pendant longtemps si mon médecin me dit qu'il n'y a rien de mal.
 - Je suis d'abord soulagé(e) mais parfois mes inquiétudes reviennent après un certain temps.
 - Je suis d'abord soulagé(e) mais mes inquiétudes reviennent toujours après un certain temps.
 - Je ne suis jamais soulagé(e) si mon médecin me dit qu'il n'y a rien de mal.
-
- 9
- Si j'entends parler d'une maladie, je ne pense jamais l'avoir.
 - Si j'entends parler d'une maladie, je pense parfois que je l'ai.
 - Si j'entends parler d'une maladie, je pense souvent que je l'ai.
 - Si j'entends parler d'une maladie, je pense toujours que je l'ai.
-
- 10
- Si j'ai une sensation ou un changement dans mon corps, je me demande rarement ce que cela signifie.
 - Si j'ai une sensation ou un changement dans mon corps, je me demande souvent ce que cela signifie.
 - Si j'ai une sensation ou un changement dans mon corps, je me demande toujours ce que cela signifie.
 - Si j'ai une sensation ou un changement dans mon corps, je dois savoir ce que cela signifie.
-

- 11
- J'ai généralement l'impression que j'ai très peu de risque de développer une maladie grave.
 - J'ai généralement l'impression que j'ai peu de risque de développer une maladie grave.
 - J'ai généralement l'impression que j'ai beaucoup de risque de développer une maladie grave.
 - J'ai généralement l'impression que j'ai énormément de risque de développer une maladie grave.
- 12
- Je ne pense jamais avoir une maladie grave.
 - Je pense parfois que j'ai une maladie grave.
 - Je pense souvent que j'ai une maladie grave.
 - Je pense souvent que je suis gravement malade.
- 13
- Si je remarque une sensation inexplicée dans mon corps, je n'ai pas de mal à penser à autre chose.
 - Si je remarque une sensation inexplicée dans mon corps, j'ai parfois du mal à penser à autre chose.
 - Si je remarque une sensation inexplicée dans mon corps, j'ai souvent du mal à penser à autre chose.
 - Si je remarque une sensation inexplicée dans mon corps, j'ai toujours du mal à penser à autre chose.
- 14
- Ma famille / mes amis disent que je ne m'inquiète pas assez pour ma santé.
 - Ma famille / mes amis disent que j'ai une attitude normale vis-à-vis de ma santé.
 - Ma famille / mes amis disent que je m'inquiète trop pour ma santé.
 - Ma famille / mes amis disent que je suis un hypocondriaque.

Questionnaire 2 : Habitude d'utilisation des outils de santé à distance

Pour chacune des phrases, entourez parmi les 5 points à droite, le niveau qui décrit le mieux vos habitudes et vos impressions **au cours des six derniers mois**.

Habitude d'utilisation de Smartphones, ordinateurs, applications et notifications

	Complètement faux	Plutôt faux	Ni faux, ni vrai	Plutôt vrai	Complètement vrai
1. Je passe beaucoup de temps sur mon Smartphone ou ordinateur par rapport aux autres personnes.	1	2	3	4	5
2. J'utilise beaucoup d'applications par rapport aux autres personnes.	1	2	3	4	5
3. Mon téléphone sonne souvent dans la journée à cause de mes notifications.	1	2	3	4	5
4. Quand des notifications se déclenchent, je vérifie immédiatement pourquoi.	1	2	3	4	5
5. J'aime utiliser régulièrement mes applications pour rester constamment connecté(e) au monde extérieur.	1	2	3	4	5
6. J'utilise régulièrement beaucoup d'applications pour suivre mes données personnelles.	1	2	3	4	5
7. J'active toujours les notifications de mes applications pour être constamment prévenu(e).	1	2	3	4	5

Habitude d'utilisation des interfaces de santé : sites Internet ou applications

Les questions suivantes concernent des applications ou des sites internet de santé ou de bien-être. Il peut s'agir par exemples d'applications pour le suivi de paramètres physiologiques, de l'activité sportive, de la nutrition ou du sommeil. Il peut aussi s'agir de sites internet en santé, comme la consultation des résultats d'une analyse médicale, la consultation de votre dossier médical, des forums de discussion ou des sites d'information en santé.

	Complètement faux	Plutôt faux	Ni faux, ni vrai	Plutôt vrai	Complètement vrai
1. Je me connecte régulièrement sur des sites internet pour suivre ma santé et mon bien-être.	1 (jamais)	2 (cela arrive, mais rarement)	3 (de temps en temps)	4 (oui, une fois par jour)	5 (oui, plusieurs fois par jour)
2. J'utilise régulièrement des applications sur mon Smartphone pour suivre ma santé et mon bien-être.	1 (jamais)	2 (cela arrive, mais rarement)	3 (de temps en temps)	4 (oui, une fois par jour)	5 (oui, plusieurs fois par jour)
3. Je suis rassurée de pouvoir vérifier à tout instant des données de santé sur des sites internet.	1	2	3	4	5
4. Il est essentiel pour moi de vérifier régulièrement des données de santé ou mon état de santé sur mes applications.	1	2	3	4	5
5. Mes applications de santé m'encouragent à améliorer et à faire attention à ma santé.	1	2	3	4	5
6. Je suis inquiet(e) à propos de ma santé lorsque je ne peux pas consulter mes informations de santé sur les sites internet ou mes applications.	1	2	3	4	5
7. En général, je suis rassuré(e) à propos de ma santé grâce à mes applications de santé.	1	2	3	4	5

Questionnaires sur l'humeur et l'état d'anxiété

Visualisez vos données

Votre compte :

Juste un instant, répondez à ces petites questions ...

Dans l'ensemble, votre humeur est...

Plutôt négative ou positive ?

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Negative	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Positive

Vous être plutôt d'humeur calme ou active ?

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Très calme Faible intensité	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Très active Forte intensité

Figure A-3 : Questionnaire sur l'humeur des participants

Fourni aux participants sur l'interface-utilisateur

Visualisez vos données

Votre compte :

Et pour finir ...

Pour chacune des phrases, cochez l'état qui correspond le mieux à ce que vous ressentez en **ce moment, au cours des dernières minutes..**
Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Basez-vous sur votre première impression.

	1	2	3	4
	Pas du tout	Un peu	Moyennement	Beaucoup
Je me sens calme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je me sens tendu(e), crispé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je me sens ému(e), bouleversé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je suis décontracté(e), détendu(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je suis satisfait(e), content(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je suis inquiet, soucieux (inquiète, soucieuse)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figure A-4 : Questionnaire sur l'état d'anxiété des participants

Fourni aux participants sur l'interface-utilisateur

A.3 Tutoriels fournis aux participants sur l'explication des données

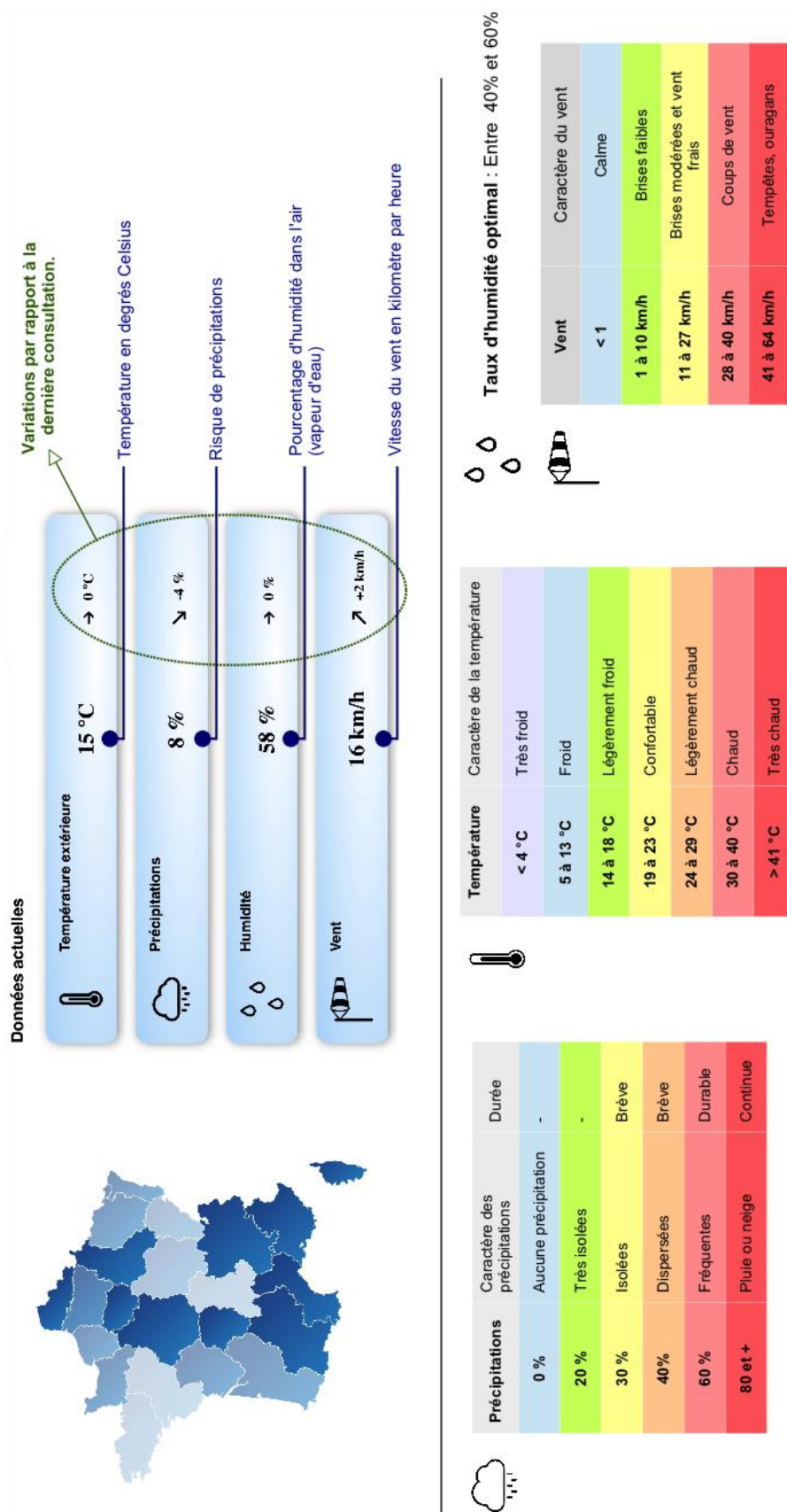


Figure A-5 : Tutoriel sur les données météorologiques

Fourni aux participants sur l'interface-utilisateur et en format papier

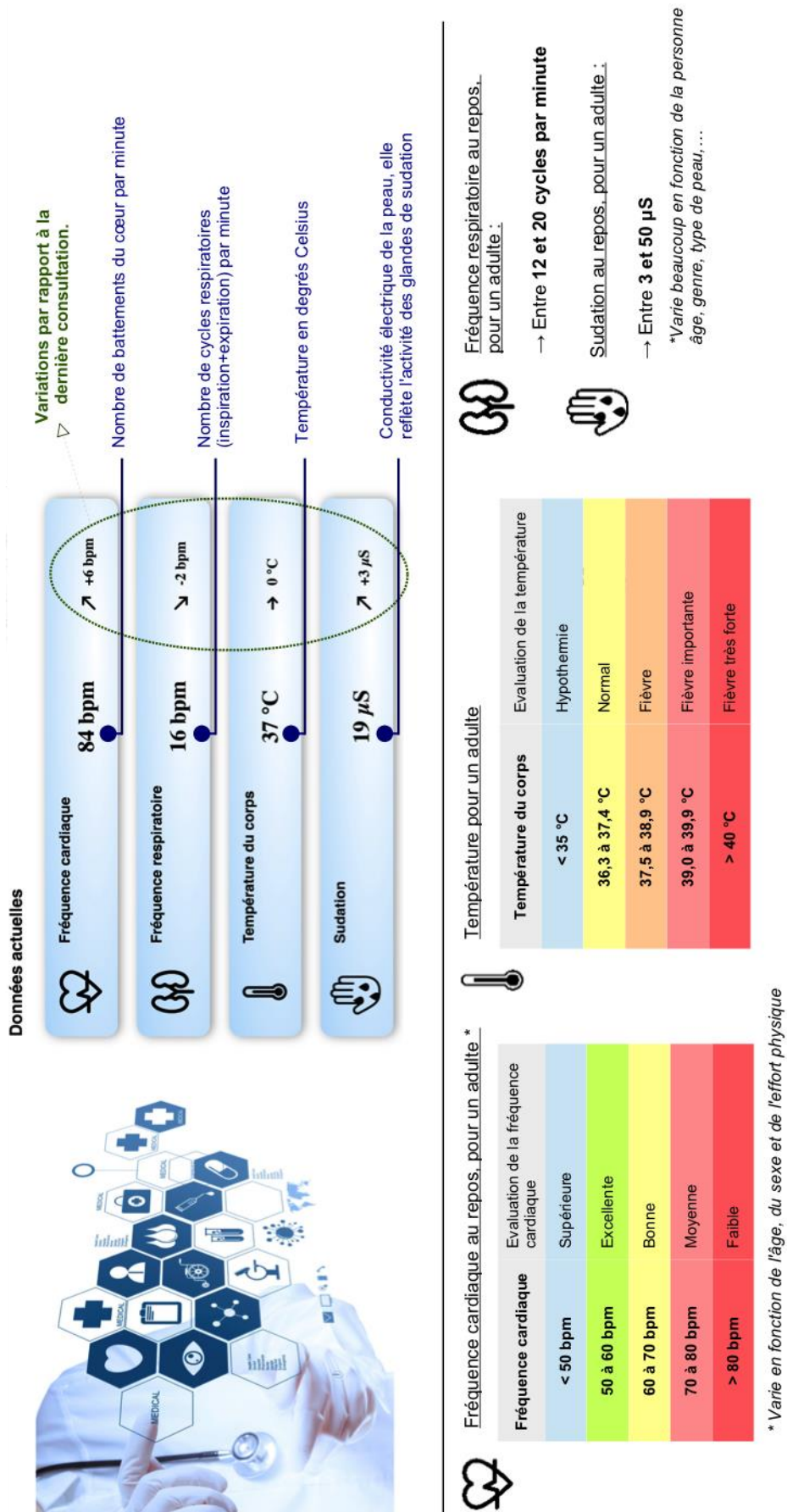


Figure A-6 : Tutoriel sur les données de santé

Fourni aux participants sur l'interface-utilisateur et en format papier

A.4 Résultats de l'analyse statistique sur les réponses physiologiques

Indicateur	Taille de fenêtre (FT)	Taille de démarrage de fenêtre (FD)	Test de Friedman			Test de Nemenyi		
			Q	p-value	W	DSU-DSA p-value	DSU-DM p-value	DSA-DM p-value
MΔ Ln MeanNN	10 secs	0 secs	2,583	0,275	0,054	0,570	0,832	0,251
		5 secs	6,333	0,042 *	0,132	0,055	0,955	0,107
		10 secs	4,000	0,135	0,083	0,193	0,193	1,000
		15 secs	4,083	0,130	0,085	0,146	0,251	0,955
	15 secs	0 secs	4,750	0,093	0,099	0,077	0,662	0,396
		5 secs	6,083	0,048 *	0,127	0,038 *	0,319	0,570
		10 secs	5,083	0,079	0,106	0,146	0,107	0,989
		15 secs	4,083	0,130	0,085	0,107	0,570	0,570
	20 secs	0 secs	5,250	0,072	0,109	0,077	0,193	0,902
		5 secs	5,083	0,079	0,106	0,107	0,146	0,989
		10 secs	4,083	0,130	0,085	0,146	0,251	0,955
		15 secs	9,250	0,010 *	0,193	0,007 **	0,193	0,396
	25 secs	0 secs	2,250	0,325	0,047	0,396	0,396	1,000
		5 secs	4,083	0,130	0,085	0,251	0,146	0,955
		10 secs	4,083	0,130	0,085	0,146	0,251	0,955
		15 secs	4,083	0,130	0,085	0,146	0,251	0,955
	30 secs	0 secs	2,583	0,275	0,054	0,251	0,570	0,832
		5 secs	2,333	0,311	0,049	0,319	0,480	0,955
		10 secs	2,083	0,353	0,043	0,751	0,319	0,751
		15 secs	1,583	0,453	0,033	0,480	0,570	0,989
MΔ Ln MaxNN	10 secs	0 secs	4,750	0,093	0,099	0,077	0,662	0,396
		5 secs	5,083	0,079	0,106	0,107	0,989	0,146
		10 secs	4,083	0,130	0,085	0,251	0,146	0,955
		15 secs	6,583	0,037	0,137	0,038 *	0,146	0,832
	15 secs	0 secs	6,333	0,042 *	0,132	0,055	0,955	0,107
		5 secs	8,083	0,018 *	0,168	0,017 *	0,751	0,107
		10 secs	10,583	0,005 **	0,220	0,017 *	0,011 *	0,989
		15 secs	6,333	0,042 *	0,132	0,055	0,107	0,955
	20 secs	0 secs	7,583	0,023 *	0,158	0,017 *	0,480	0,251
		5 secs	9,083	0,011 *	0,189	0,017 *	0,955	0,038
		10 secs	6,333	0,042 *	0,132	0,055	0,107	0,955
		15 secs	5,333	0,069	0,111	0,055	0,480	0,480
	25 secs	0 secs	1,583	0,453	0,033	0,480	0,989	0,570
		5 secs	1,750	0,417	0,036	0,662	0,902	0,396
		10 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	1,000	0,662
		15 secs	1,583	0,453	0,033	0,570	0,989	0,480
	30 secs	0 secs	1,083	0,582	0,023	0,751	0,955	0,570
		5 secs	1,083	0,582	0,023	0,570	0,955	0,751
		10 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	1,000	0,662
		15 secs	1,083	0,582	0,023	0,570	0,751	0,955
MΔ Ln Max-MinNN	10 secs	0 secs	9,000	0,011 *	0,188	0,025 *	0,025 *	1,000
		5 secs	6,083	0,048 *	0,127	0,038 *	0,570	0,319
		10 secs	11,083	0,004 **	0,231	0,004 **	0,038 *	0,751
		15 secs	7,750	0,021 *	0,161	0,077	0,025 *	0,902
	15 secs	0 secs	6,083	0,048 *	0,127	0,038 *	0,319	0,570
		5 secs	8,083	0,018 *	0,168	0,017 *	0,751	0,107
		10 secs	7,583	0,023 *	0,158	0,017 *	0,251	0,480
		15 secs	1,333	0,513	0,028	0,480	0,832	0,832
	20 secs	0 secs	4,083	0,130	0,085	0,107	0,570	0,570
		5 secs	6,250	0,044 *	0,130	0,077	1,000	0,077
		10 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	0,662	1,000
		15 secs	0,250	0,882	0,005	0,902	1,000	0,902
	25 secs	0 secs	3,083	0,214	0,064	0,251	0,989	0,319
		5 secs	1,750	0,417	0,036	0,662	0,902	0,396
		10 secs	0,083	0,959	0,002	0,989	0,955	0,989
		15 secs	0,250	0,882	0,005	0,902	0,902	1,000
	30 secs	0 secs	1,583	0,453	0,033	0,480	0,989	0,570
		5 secs	0,583	0,747	0,012	0,751	0,832	0,989
		10 secs	0,083	0,959	0,002	0,989	0,955	0,989
		15 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	0,662	1,000
MΔ Ln rMSSD	10 secs	0 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	0,662	1,000
		5 secs	1,750	0,417	0,036	0,396	0,902	0,662

		10 secs	7,000	0,030 *	0,146	0,025 *	0,193	0,662	
		15 secs	1,583	0,453	0,033	0,570	0,480	0,989	
	15 secs	0 secs	3,250	0,197	0,068	0,193	0,902	0,396	
		5 secs	4,750	0,093	0,099	0,077	0,662	0,396	
		10 secs	3,250	0,197	0,068	0,193	0,396	0,902	
		15 secs	4,333	0,115	0,090	0,107	0,319	0,832	
	20 secs	0 secs	2,583	0,275	0,054	0,251	0,570	0,832	
		5 secs	4,333	0,115	0,090	0,107	0,832	0,319	
		10 secs	2,583	0,275	0,054	0,251	0,832	0,570	
		15 secs	1,333	0,513	0,028	0,480	0,832	0,832	
	25 secs	0 secs	1,083	0,582	0,023	0,570	0,955	0,751	
		5 secs	1,583	0,453	0,033	0,570	0,989	0,480	
		10 secs	0,250	0,882	0,005	1,000	0,902	0,902	
		15 secs	0,583	0,747	0,012	0,832	0,989	0,751	
	30 secs	0 secs	0,750	0,687	0,016	0,662	0,902	0,902	
		5 secs	0,083	0,959	0,002	0,989	0,989	0,955	
		10 secs	1,083	0,582	0,023	0,751	0,955	0,570	
		15 secs	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	
MΔ pNN50	10 secs	0 secs	0,897	0,639	0,019	0,793	0,662	0,974	
		5 secs	0,418	0,812	0,009	0,869	0,997	0,832	
		10 secs	0,289	0,866	0,006	0,931	0,989	0,869	
		15 secs	0,427	0,808	0,009	0,832	0,869	0,997	
		15 secs	0 secs	1,736	0,420	0,036	0,437	0,616	0,955
			5 secs	1,079	0,583	0,022	0,662	1,000	0,662
			10 secs	1,089	0,580	0,023	0,707	0,989	0,616
			15 secs	0,689	0,709	0,014	0,707	0,955	0,869
		20 secs	0 secs	3,451	0,178	0,072	0,168	0,707	0,570
			5 secs	0,472	0,790	0,010	0,793	0,974	0,902
			10 secs	1,089	0,580	0,023	0,707	0,989	0,616
			15 secs	1,089	0,580	0,023	0,707	0,989	0,616
		25 secs	0 secs	1,648	0,439	0,034	0,525	1,000	0,525
			5 secs	1,391	0,499	0,029	0,480	0,832	0,832
			10 secs	1,391	0,499	0,029	0,832	0,832	0,480
			15 secs	0,087	0,957	0,002	0,989	0,989	0,955
		30 secs	0 secs	0,609	0,738	0,013	0,832	0,989	0,751
			5 secs	0,261	0,878	0,005	0,902	1,000	0,902
			10 secs	0,609	0,738	0,013	0,989	0,832	0,751
			15 secs	0,087	0,957	0,002	0,955	0,989	0,989
	MΔ pNN30	10 secs	0 secs	1,750	0,417	0,036	0,396	0,662	0,902
			5 secs	1,750	0,417	0,036	0,396	0,662	0,902
			10 secs	3,684	0,158	0,077	0,168	0,319	0,931
			15 secs	6,750	0,034 *	0,141	0,396	0,025 *	0,396
		15 secs	0 secs	6,583	0,037	0,137	0,038	0,146	0,832
			5 secs	5,250	0,072	0,109	0,077	0,193	0,902
			10 secs	7,583	0,023 *	0,158	0,055	0,038 *	0,989
			15 secs	10,758	0,005 **	0,224	0,021 *	0,009 **	0,955
		20 secs	0 secs	6,083	0,048 *	0,127	0,038	0,319	0,570
			5 secs	4,750	0,093	0,099	0,077	0,662	0,396
			10 secs	7,347	0,025 *	0,153	0,021 *	0,221	0,570
			15 secs	5,453	0,065	0,114	0,065	0,221	0,832
		25 secs	0 secs	8,583	0,014 *	0,179	0,011 *	0,570	0,146
			5 secs	8,333	0,016 *	0,174	0,011 *	0,319	0,319
			10 secs	5,583	0,061	0,116	0,055	0,751	0,251
			15 secs	2,800	0,247	0,058	0,221	0,616	0,751
		30 secs	0 secs	4,083	0,130	0,085	0,107	0,570	0,570
			5 secs	2,583	0,275	0,054	0,251	0,570	0,832
			10 secs	7,221	0,027 *	0,150	0,021 *	0,437	0,319
			15 secs	4,442	0,108	0,093	0,091	0,616	0,480
MΔ pNN20		10 secs	0 secs	9,750	0,008 **	0,203	0,007 **	0,077	0,662
			5 secs	6,083	0,048 *	0,127	0,038 *	0,570	0,319
			10 secs	4,750	0,093	0,099	0,077	0,662	0,396
			15 secs	9,000	0,011 *	0,188	0,025 *	0,025 *	1,000
		15 secs	0 secs	5,583	0,061	0,116	0,055	0,251	0,751
			5 secs	6,583	0,037 *	0,137	0,038 *	0,146	0,832
			10 secs	8,083	0,018 *	0,168	0,017 *	0,107	0,751
			15 secs	12,000	0,002 **	0,250	0,002 **	0,193	0,193
		20 secs	0 secs	6,583	0,037 *	0,137	0,038 *	0,146	0,832
			5 secs	9,250	0,010 *	0,193	0,007 **	0,193	0,396
			10 secs	9,250	0,010 *	0,193	0,007 **	0,193	0,396

		15 secs	4,750	0,093	0,099	0,077	0,662	0,396	
	25 secs	0 secs	6,750	0,034 *	0,141	0,025 *	0,396	0,396	
		5 secs	3,250	0,197	0,068	0,193	0,902	0,396	
		10 secs	4,333	0,115	0,090	0,107	0,832	0,319	
		15 secs	4,333	0,115	0,090	0,107	0,832	0,319	
	30 secs	0 secs	8,583	0,014 *	0,179	0,011 *	0,570	0,146	
		5 secs	2,250	0,325	0,047	0,396	1,000	0,396	
		10 secs	3,583	0,167	0,075	0,146	0,751	0,480	
		15 secs	3,583	0,167	0,075	0,146	0,751	0,480	
MΔ pNN05	10 secs	0 secs	6,583	0,037 *	0,137	0,038 *	0,146	0,832	
		5 secs	6,083	0,048 *	0,127	0,038 *	0,570	0,319	
		10 secs	9,250	0,010 *	0,193	0,007 **	0,396	0,193	
		15 secs	6,250	0,044 *	0,130	0,077	1,000	0,077	
	15 secs	0 secs	6,750	0,034 *	0,141	0,025 *	0,396	0,396	
		5 secs	6,250	0,044 *	0,130	0,077	1,000	0,077	
		10 secs	9,250	0,010 *	0,193	0,007 **	0,396	0,193	
		15 secs	2,583	0,275	0,054	0,251	0,832	0,570	
	20 secs	0 secs	11,083	0,004 **	0,231	0,003 **	0,319	0,146	
		5 secs	6,083	0,048 *	0,127	0,038 *	0,570	0,319	
		10 secs	11,583	0,003 **	0,241	0,003 **	0,055	0,570	
		15 secs	5,333	0,069	0,111	0,055	0,480	0,480	
	25 secs	0 secs	6,333	0,042 *	0,132	0,107	0,955	0,055	
		5 secs	1,750	0,417	0,036	0,396	0,902	0,662	
		10 secs	6,583	0,037 *	0,137	0,038 *	0,832	0,146	
		15 secs	2,333	0,311	0,049	0,319	0,955	0,480	
	30 secs	0 secs	9,333	0,009 **	0,194	0,011 *	0,832	0,055	
		5 secs	4,083	0,130	0,085	0,146	0,955	0,251	
		10 secs	5,250	0,072	0,109	0,077	0,902	0,193	
		15 secs	3,250	0,197	0,068	0,396	0,902	0,193	
	MΔ Ln MADNN	10 secs	0 secs	5,583	0,061	0,116	0,251	0,055	0,751
			5 secs	5,083	0,079	0,106	0,107	0,989	0,146
			10 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	1,000	0,662
			15 secs	4,083	0,130	0,085	0,146	0,251	0,955
15 secs		0 secs	5,083	0,079	0,106	0,107	0,146	0,989	
		5 secs	2,250	0,325	0,047	0,396	0,396	1,000	
		10 secs	5,250	0,072	0,109	0,077	0,193	0,902	
		15 secs	6,250	0,044 *	0,130	0,077	0,077	1,000	
20 secs		0 secs	8,333	0,016 *	0,174	0,011 *	0,319	0,319	
		5 secs	4,750	0,093	0,099	0,077	0,662	0,396	
		10 secs	4,083	0,130	0,085	0,107	0,570	0,570	
		15 secs	3,583	0,167	0,075	0,146	0,480	0,751	
25 secs		0 secs	4,083	0,130	0,085	0,146	0,251	0,955	
		5 secs	2,583	0,275	0,054	0,251	0,570	0,832	
		10 secs	2,083	0,353	0,043	0,319	0,751	0,751	
		15 secs	4,083	0,130	0,085	0,251	0,146	0,955	
30 secs		0 secs	3,583	0,167	0,075	0,146	0,480	0,751	
		5 secs	2,250	0,325	0,047	0,396	1,000	0,396	
		10 secs	3,250	0,197	0,068	0,193	0,902	0,396	
		15 secs	1,083	0,582	0,023	0,751	0,570	0,955	
MΔ Ln TINN		10 secs	0 secs	0,750	0,687	0,016	0,662	0,902	0,902
			5 secs	1,916	0,384	0,040	0,480	0,997	0,437
			10 secs	3,000	0,223	0,063	0,662	0,662	0,193
			15 secs	2,250	0,325	0,047	1,000	0,396	0,396
	15 secs	0 secs	2,716	0,257	0,057	0,284	0,974	0,396	
		5 secs	5,250	0,072	0,109	0,077	0,193	0,902	
		10 secs	2,583	0,275	0,054	0,251	0,832	0,570	
		15 secs	6,583	0,037 *	0,137	0,038 *	0,146	0,832	
	20 secs	0 secs	2,083	0,353	0,043	0,751	0,751	0,319	
		5 secs	5,250	0,072	0,109	0,193	0,902	0,077	
		10 secs	4,333	0,115	0,090	0,832	0,319	0,107	
		15 secs	1,583	0,453	0,033	0,570	0,989	0,480	
	25 secs	0 secs	1,583	0,453	0,033	0,989	0,570	0,480	
		5 secs	0,583	0,747	0,012	0,751	0,989	0,832	
		10 secs	3,250	0,197	0,068	0,396	0,902	0,193	
		15 secs	1,083	0,582	0,023	0,751	0,570	0,955	
	30 secs	0 secs	2,333	0,311	0,049	0,480	0,955	0,319	
		5 secs	1,333	0,513	0,028	0,832	0,832	0,480	
		10 secs	2,333	0,311	0,049	0,955	0,480	0,319	
		15 secs	6,583	0,037 *	0,137	0,832	0,146	0,038	

MΔ Ln LF	10 secs	0 secs	7,583	0,023 *	0,158	0,480	0,017 *	0,251
		5 secs	10,750	0,005 **	0,224	0,007 **	0,025 *	0,902
		10 secs	5,083	0,079 *	0,106	0,107	0,146	0,989
		15 secs	5,250	0,072 *	0,109	0,077	0,193	0,902
	15 secs	0 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	0,662	1,000
		5 secs	6,333	0,042 *	0,132	0,107	0,055	0,955
		10 secs	4,083	0,130	0,085	0,107	0,570	0,570
		15 secs	1,083	0,582	0,023	0,570	0,751	0,955
	20 secs	0 secs	0,250	0,882	0,005	0,902	1,000	0,902
		5 secs	3,083	0,214	0,064	0,319	0,989	0,251
		10 secs	3,000	0,223	0,063	0,193	0,662	0,662
		15 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	1,000	0,662
	25 secs	0 secs	3,083	0,214	0,064	0,319	0,989	0,251
		5 secs	2,333	0,311	0,049	0,480	0,955	0,319
		10 secs	4,000	0,135	0,083	0,193	1,000	0,193
		15 secs	0,083	0,959	0,002	0,955	0,989	0,989
	30 secs	0 secs	3,083	0,214	0,064	0,251	0,989	0,319
		5 secs	3,083	0,214	0,064	0,319	0,989	0,251
		10 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	1,000	0,662
		15 secs	0,083	0,959	0,002	0,989	0,989	0,955
MΔ Ln HF	10 secs	0 secs	2,083	0,353	0,043	0,751	0,319	0,751
		5 secs	2,333	0,311	0,049	0,480	0,955	0,319
		10 secs	0,583	0,747	0,012	0,989	0,751	0,832
		15 secs	3,250	0,197	0,068	0,396	0,193	0,902
	15 secs	0 secs	2,333	0,311	0,049	0,319	0,955	0,480
		5 secs	1,583	0,453	0,033	0,570	0,989	0,480
		10 secs	5,250	0,072	0,109	0,193	0,077	0,902
		15 secs	2,583	0,275	0,054	0,570	0,251	0,832
	20 secs	0 secs	5,583	0,061	0,116	0,055	0,251	0,751
		5 secs	7,750	0,021 *	0,161	0,025 *	0,077	0,902
		10 secs	7,583	0,023 *	0,158	0,055	0,038 *	0,989
		15 secs	2,083	0,353	0,043	0,319	0,751	0,751
	25 secs	0 secs	9,750	0,008 **	0,203	0,007 **	0,077 **	0,662
		5 secs	9,250	0,010 *	0,193	0,007 **	0,193	0,396
		10 secs	3,000	0,223	0,063	0,193	0,662	0,662
		15 secs	3,083	0,214	0,064	0,251	0,319	0,989
	30 secs	0 secs	4,333	0,115	0,090	0,107	0,319	0,832
		5 secs	2,250	0,325	0,047	0,396	0,396	1,000
		10 secs	1,083	0,582	0,023	0,570	0,751	0,955
		15 secs	0,333	0,846	0,007	0,832	0,955	0,955
MΔ Ln LFnu	10 secs	0 secs	2,083	0,353	0,043	0,751	0,319	0,751
		5 secs	6,583	0,037 *	0,137	0,146	0,038 *	0,832
		10 secs	4,333	0,115	0,090	0,319	0,107	0,832
		15 secs	5,083	0,079	0,106	0,146	0,107	0,989
	15 secs	0 secs	0,583	0,747	0,012	0,989	0,832	0,751
		5 secs	2,333	0,311	0,049	0,955	0,319	0,480
		10 secs	0,250	0,882	0,005	0,902	1,000	0,902
		15 secs	0,083	0,959	0,002	0,989	0,955	0,989
	20 secs	0 secs	0,250	0,882	0,005	0,902	1,000	0,902
		5 secs	0,083	0,959	0,002	0,989	0,989	0,955
		10 secs	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000
		15 secs	2,250	0,325	0,047	1,000	0,396	0,396
	25 secs	0 secs	0,333	0,846	0,007	0,955	0,955	0,832
		5 secs	1,333	0,513	0,028	0,832	0,832	0,480
		10 secs	1,583	0,453	0,033	0,989	0,570	0,480
		15 secs	3,083	0,214	0,064	0,989	0,251	0,319
	30 secs	0 secs	0,250	0,882	0,005	1,000	0,902	0,902
		5 secs	3,000	0,223	0,063	0,662	0,662	0,193
		10 secs	2,333	0,311	0,049	0,955	0,319	0,480
		15 secs	3,250	0,197	0,068	0,396	0,193	0,902
MΔ Ln SD1/SD2	10 secs	0 secs	1,583	0,453	0,033	0,570	0,480	0,989
		5 secs	5,250	0,072	0,109	0,077	0,193	0,902
		10 secs	7,000	0,030 *	0,146	0,025 *	0,193	0,662
		15 secs	2,583	0,275	0,054	0,251	0,832	0,570
	15 secs	0 secs	0,083	0,959	0,002	0,955	0,989	0,989
		5 secs	2,250	0,325	0,047	0,396	1,000	0,396
		10 secs	1,750	0,417	0,036	0,396	0,902	0,662
		15 secs	0,583	0,747	0,012	0,989	0,832	0,751
	20 secs	0 secs	1,083	0,582	0,023	0,751	0,955	0,570

		5 secs	1,333	0,513	0,028	0,832	0,832	0,480
		10 secs	1,083	0,582	0,023	0,570	0,955	0,751
		15 secs	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000
	25 secs	0 secs	1,083	0,582	0,023	0,955	0,751	0,570
		5 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	1,000	0,662
		10 secs	0,083	0,959	0,002	0,989	0,955	0,989
		15 secs	0,083	0,959	0,002	0,955	0,989	0,989
	30 secs	0 secs	2,583	0,275	0,054	0,832	0,251	0,570
		5 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	0,662	1,000
		10 secs	0,750	0,687	0,016	0,902	0,662	0,902
		15 secs	0,583	0,747	0,012	0,832	0,751	0,989
	10 secs	0 secs	0,333	0,846	0,007	0,955	0,832	0,955
		5 secs	1,083	0,582	0,023	0,751	0,955	0,570
		10 secs	0,583	0,747	0,012	0,751	0,989	0,832
		15 secs	1,083	0,582	0,023	0,955	0,751	0,570
	15 secs	0 secs	1,083	0,582	0,023	0,570	0,751	0,955
		5 secs	1,000	0,607	0,021	0,662	1,000	0,662
		10 secs	2,250	0,325	0,047	0,396	0,396	1,000
		15 secs	10,333	0,006 **	0,215	0,004 **	0,107	0,480
	20 secs	0 secs	0,750	0,687	0,016	0,662	0,902	0,902
		5 secs	0,750	0,687	0,016	0,662	0,902	0,902
		10 secs	0,583	0,747	0,012	0,832	0,989	0,751
		15 secs	7,000	0,030 *	0,146	0,662	0,025 *	0,193
	25 secs	0 secs	1,083	0,582	0,023	0,751	0,955	0,570
		5 secs	0,750	0,687	0,016	0,902	0,902	0,662
		10 secs	0,083	0,959	0,002	0,955	0,989	0,989
		15 secs	3,083	0,214	0,064	0,319	0,251	0,989
	30 secs	0 secs	1,750	0,417	0,036	0,902	0,396	0,662
		5 secs	1,083	0,582	0,023	0,751	0,955	0,570
		10 secs	1,583	0,453	0,033	0,989	0,480	0,570
		15 secs	4,333	0,115	0,090	0,319	0,107	0,832
	10 secs	0 secs	0,933	0,627	0,031	0,745	0,632	0,982
		5 secs	0,933	0,627	0,031	0,632	0,745	0,982
		10 secs	3,733	0,155	0,124	0,161	0,929	0,310
		15 secs	3,733	0,155	0,124	0,161	0,929	0,310
	15 secs	0 secs	2,800	0,247	0,093	0,228	0,517	0,848
		5 secs	2,800	0,247	0,093	0,517	0,848	0,228
		10 secs	0,400	0,819	0,013	1,000	0,848	0,848
		15 secs	5,200	0,074	0,173	0,848	0,073	0,228
	20 secs	0 secs	4,933	0,085	0,164	0,110	0,982	0,161
		5 secs	0,933	0,627	0,031	0,632	0,982	0,745
		10 secs	0,400	0,819	0,013	0,848	0,848	1,000
		15 secs	0,933	0,627	0,031	0,632	0,745	0,982
	25 secs	0 secs	0,400	0,819	0,013	0,848	1,000	0,848
		5 secs	2,533	0,282	0,084	0,408	0,310	0,982
		10 secs	2,533	0,282	0,084	0,310	0,408	0,982
		15 secs	0,133	0,936	0,004	0,982	0,929	0,982
	30 secs	0 secs	4,933	0,085	0,164	0,982	0,110	0,161
		5 secs	0,933	0,627	0,031	0,982	0,745	0,632
		10 secs	1,600	0,449	0,053	1,000	0,517	0,517
		15 secs	0,533	0,766	0,018	0,929	0,745	0,929
	10 secs	0 secs	1,733	0,420	0,058	0,408	0,632	0,929
		5 secs	0,400	0,819	0,013	0,848	1,000	0,848
		10 secs	0,133	0,936	0,004	0,982	0,982	0,929
		15 secs	1,200	0,549	0,040	0,848	0,848	0,517
	15 secs	0 secs	0,933	0,627	0,031	0,982	0,745	0,632
		5 secs	0,533	0,766	0,018	0,929	0,745	0,929
		10 secs	0,133	0,936	0,004	0,982	0,929	0,982
		15 secs	1,200	0,549	0,040	0,848	0,848	0,517
	20 secs	0 secs	1,600	0,449	0,053	1,000	0,517	0,517
		5 secs	0,400	0,819	0,013	0,848	1,000	0,848
		10 secs	0,533	0,766	0,018	0,929	0,745	0,929
		15 secs	0,533	0,766	0,018	0,745	0,929	0,929
	25 secs	0 secs	0,133	0,936	0,004	0,929	0,982	0,982
		5 secs	0,400	0,819	0,013	0,848	0,848	1,000
		10 secs	0,933	0,627	0,031	0,982	0,745	0,632
		15 secs	0,133	0,936	0,004	0,929	0,982	0,982
	30 secs	0 secs	0,133	0,936	0,004	0,982	0,982	0,929
		5 secs	0,133	0,936	0,004	0,982	0,982	0,929

		10 secs	0,533	0,766	0,018	0,929	0,745	0,929
		15 secs	1,200	0,549	0,040	0,848	0,848	0,517
MΔ NbRED	10 secs	0 secs	1,444	0,486	0,048	0,517	0,959	0,690
		5 secs	2,440	0,295	0,081	0,995	0,461	0,408
		10 secs	1,292	0,524	0,043	0,574	0,929	0,799
		15 secs	1,057	0,590	0,035	0,745	0,632	0,982
	15 secs	0 secs	1,348	0,510	0,045	0,799	0,929	0,574
		5 secs	1,396	0,498	0,047	0,632	0,995	0,574
		10 secs	0,259	0,878	0,009	0,995	0,929	0,892
		15 secs	1,480	0,477	0,049	0,574	0,995	0,632
	20 secs	0 secs	0,809	0,667	0,027	0,745	0,799	0,995
		5 secs	1,000	0,607	0,033	0,632	0,892	0,892
		10 secs	0,275	0,872	0,009	0,929	0,995	0,892
		15 secs	3,464	0,177	0,115	0,192	0,408	0,892
	25 secs	0 secs	0,473	0,789	0,016	0,892	0,799	0,982
		5 secs	0,679	0,712	0,023	0,745	0,995	0,799
		10 secs	0,464	0,793	0,015	0,799	0,892	0,982
		15 secs	5,055	0,080	0,168	0,310	0,090	0,799
	30 secs	0 secs	0,679	0,712	0,023	0,799	0,995	0,745
		5 secs	1,686	0,430	0,056	0,461	0,892	0,745
		10 secs	1,714	0,424	0,057	0,517	0,517	1,000
		15 secs	3,527	0,171	0,118	0,192	0,408	0,892
MΔ SumAmpRED	10 secs	0 secs	0,400	0,819	0,013	1,000	0,848	0,848
		5 secs	2,800	0,247	0,093	0,228	0,848	0,517
		10 secs	0,133	0,936	0,004	0,929	0,982	0,982
		15 secs	0,933	0,627	0,031	0,632	0,745	0,982
	15 secs	0 secs	0,933	0,627	0,031	0,745	0,982	0,632
		5 secs	0,133	0,936	0,004	0,929	0,982	0,982
		10 secs	0,533	0,766	0,018	0,929	0,745	0,929
		15 secs	0,133	0,936	0,004	0,982	0,982	0,929
	20 secs	0 secs	0,400	0,819	0,013	1,000	0,848	0,848
		5 secs	0,133	0,936	0,004	0,982	0,982	0,929
		10 secs	0,533	0,766	0,018	0,745	0,929	0,929
		15 secs	0,933	0,627	0,031	0,982	0,632	0,745
	25 secs	0 secs	1,200	0,549	0,040	0,848	0,848	0,517
		5 secs	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000
		10 secs	0,933	0,627	0,031	0,745	0,632	0,982
		15 secs	0,533	0,766	0,018	0,929	0,745	0,929
	30 secs	0 secs	0,400	0,819	0,013	0,848	1,000	0,848
		5 secs	0,133	0,936	0,004	0,929	0,982	0,982
		10 secs	1,200	0,549	0,040	0,848	0,517	0,848
		15 secs	0,133	0,936	0,004	0,982	0,982	0,929

Tableau A-1 : Résultats des réponses physiologiques EDA et ECG sur les différentes fenêtres de mesure

Indicateurs EDA et ECG retenus - Tests de Friedman (Q), tests post-hoc de Nemenyi et coefficients de Kendall (W)

(*** p<0,001, ** p<0,01, * p<0,05 – DSU : données de santé de l'utilisateur, DSA : données de santé d'une autre personne, DM : données météorologiques)

B Comparaison culturelle des interfaces de santé

B.1 Applications européennes et chinoises sélectionnées

N°	Nom de l'application	Pays d'origine	Développeur	Nombre de téléchargement * <i>Huawei Play Store</i>
1	 糖护士管理糖尿病	China	Beijing Tanghu Technology Co., Ltd.	1 370 000+
2	 稳糖	China	Beijing Kuaikangda Technology Co., Ltd.	1 040 000+
3	 微糖	China	Shanghai Geping Information Technology Co., Ltd.	890 000+
4	 血糖高管	China	Baishengkang Health (Beijing) Technology Co., Ltd.	580 000+
5	 大糖医	China	Shanghai Huima Medical Technology Co., Ltd.	570 000+
6	 掌控糖尿病	China	Fuzhou Kangwei Network Technology Co., Ltd.	360 000+
7	 糖士	China	Yun Technology Co., Ltd. Shenzhen skyline	190 000+
8	 糖医生	China	Healthdata (Beijing) Technology Co.Ltd	160 000+
9	 糖糖圈	China	Shenzhen Aibaowei Biotechnology Co., Ltd.	80 000+
10	 糖吧	China	Hangzhou Bianla Network Technology Co., Ltd.	60 000+

Tableau B-1 : Applications chinoises étudiées

(* Nombre de téléchargements au mois de Octobre 2020)















N°	Nom de l'application	Pays d'origine	Développeur	Nombre de téléchargement * Google Play Store
1	 MySugr	Autriche	mySugr GmbH	1 000 000+
2	 Diabetes Connect	Allemagne	SquareMed Software GmbH	100 000+
3	 SocialDiabetes	Espagne	SocialDiabetes	100 000+
4	 Ma Glycémie	France	InSync'app	100 000+
5	 GluciChek	France	Roche Diabetes Care France	100 000+
6	 MyDiabby	France	myDiabby Healthcare	50 000+
7	 Insuline	Allemagne	F. Zander	10 000+
8	 Diaguard	Allemagne	Diaguard, Philipp Fahlteich	10 000+
9	 forDiabetes	Grèce	Tessera Multimedia	10 000+
10	 DIABNEXT	France	DIABNEXT	10 000+
11	 Hedia	Danemark	Hedia	10 000+
12	 Insulclock	Espagne	INSULCLOUD SL	5 000+
13	 My DiabetesConnect	Royaume-Uni	My DiabetesConnect, Dr Ryizan Nizar MD MRCPUK	1 000+
14	 Carnet de Suivi Diabhelp	France	Diahelp, EPITECH Toulouse, Naqued	1 000+

Tableau B-2 : Applications européennes étudiées
(* Nombre de téléchargements au mois de Octobre 2020)

B.2 Variables des applications existantes et résultats de l'analyse statistique

	Variables d'interface (Catégorie : Structure)		Nombre d'apps		Test statistique X ²	
			Europe (/14)	Chine (/10)	X ²	p-value
1	Publicité externe	Pages de garde ou bannières publicitaires	3	6	3,703	0,054
2	Version premium	Version payante, pour plus de fonctions ou supprimer les publicités	6	0	5,714	0,017 *
3	Slogan	Présence d'un slogan	2	10	17,143	3,47.10 ⁻⁵ ***
4	Page d'accueil	Présence d'une page d'accueil	4	10	12,245	4,67.10 ⁻⁴ ***
5	Menu	Menu fixe	6	10	8,571	0,003 **
6		Menu déroulant	8	1	5,531	0,019 *
7	Couleur pour l'interprétation des mesures de glycémie	Différentes couleurs sont utilisées	12	10	1,558	0,212
8		Couleur pour les mesures en hypo : Rouge, orange, jaune	6	6	0,686	0,408
9		Couleur pour les mesures en hypo : Bleu, violet	6	4	0,02	0,889
10		Couleur pour les mesures en hyper: Rouge, orange, jaune	9	10	4,511	0,034 *
11		Couleur pour les mesures en hyper : Bleu, violet	2	0	1,558	0,212
12		Couleur pour les mesures dans la cible : Vert	12	7	0,873	0,350
13		Couleur pour les mesures dans la cible : Bleu	0	3	4,8	0,028 *
14	Couleur principale	Vert	4	2	0,229	0,633
15		Bleu	5	7	2,743	0,098
16		Rose, violet	3	1	0,549	0,459
17		Rouge, orange, jaune	2	0	1,558	0,212

Tableau B-3 : Variables sur la structure et résultats de l'analyse statistique

	Variables d'interface (Catégorie : Données de santé)		Nombre d'apps		Test statistique X ²	
			Europe (/14)	Chine (/10)	X ²	p-value
18	Données de santé qui peuvent être entrées et suivies	Glycémie	14	10	-	-
19		Insuline	11	4	3,703	0,054
20		Glucides, repas consommés	11	9	0,549	0,459
21		Pression sanguine, tension artérielle	8	8	1,371	0,242
22		Activité cardiaque	2	2	0,137	0,711
23		Saturation en oxygène SpO ₂	1	1	0,062	0,803
24		Acétone	5	1	2,057	0,151
25		Hémoglobine glyquée HbA _{1c}	8	5	0,12	0,729
26		Poids	8	3	1,731	0,188
27		Médicaments	5	7	2,743	0,098
28		Sport, activité physique	10	9	1,22	0,269
29		Calories dépensées	0	5	8,842	0,003 **
30		Cholestérol	1	3	2,194	0,139
31		Fonctionnement du rein	1	2	0,882	0,348
32		Pression plantaire	1	0	0,745	0,388
33		Analyse oculaire	1	0	0,745	0,388
34	Sommeil	0	2	3,055	0,081	

Tableau B-4 : Variables sur les données de santé et résultats de l'analyse statistique

N°	Variables d'interface (Catégorie : Représentation des données de santé)		Nombre d'apps		Test statistique X ²		
			Europe (/14)	Chine (/10)	X ²	p-value	
35	Carnets de suivi	Présence	14	10	-	-	
36		Représentation	Cadre : les données sont entourées par un cadre coloré	6	2	1,371	0,242
37			Goutte : un symbole de goutte est présent près des données	4	4	0,343	0,558
38			Liste : les données sont simplement listées les une à la suite des autres	4	4	0,343	0,558
39		Annotation des données de santé, par des symboles, du texte, ou des images	Notes libres, carnet de notes	12	6	2,057	0,151
40			Spécification du type de repas (avant/après repas, petit-déjeuner, déjeuner, dîner)	7	10	7,059	0,008 **
41			Spécification du contexte : humeur, sensation, ressentis, activités...	8	2	3,311	0,069
42			Variation depuis la dernière mesure	1	0	0,745	0,388
43			Photos, images	2	3	0,873	0,350
44	Statistiques	Présence	12	9	0,098	0,754	
45		Données statistiques	Nombre de mesures par jour	4	1	1,22	0,269
46			Moyenne	11	4	3,703	0,054
47			Mesures plus haute et plus basse	2	1	0,098	0,754
48			Moyenne par type de repas	2	3	0,873	0,350
49			Ecart-type	4	1	1,22	0,269
50		Nombre de mesures en hyperglycémie, hyperglycémie dans la cible	7	8	2,24	0,134	
51		Représentation	Texte	12	5	3,601	0,058
52			Diagramme circulaire	4	5	1,143	0,285
53	Histogramme		1	0	0,745	0,388	
54	Diagramme à barres (moyennes, valeurs plus haute, plus basse, moyennes par repas)		0	3	4,8	0,028 *	
55	Graphiques	Présence	14	10	-	-	
56		Format	Chronologique	14	8	3,055	0,081
57			Profil journalier : superposition des graphiques par jour	3	2	0,007	0,932
58		Représentation	Points	7	2	2,240	0,134
59			Linéaire	6	7	1,731	0,188
60			Tendance	5	3	0,086	0,770
61			Diagramme à barres	2	1	0,098	0,754
62			Boîte à moustache	1	0	0,745	0,388
63		Annotation	Superposition des graphiques par type de repas	4	4	0,343	0,558
64	Zones colorées pour délimiter les mesures en cibles		12	6	2,057	0,151	

Tableau B-5 : Variables sur la représentation des données de santé et résultats de l'analyse statistique

N°	Variables d'interface (Catégorie : Outils)	Nombre d'apps		Test statistique X ²		
		Europe (/14)	Chine (/10)	X ²	p-value	
65	Personnalisation	Créer un compte et gérer les informations personnelles : type de diabète, matériel, traitements	6	8	3,311	0,069
66		Fixer des objectifs thérapeutiques : cibles de glycémie, objectif de nombre de test par jour...	9	5	0,49	0,484
67		Carnet de notes personnelles	2	2	0,137	0,711
68		Alarme de rappel	6	6	0,686	0,408
69	Conseils en santé	Aide au calcul des injections d'insuline	3	1	0,549	0,459
70		Liste d'aliments avec leur teneur en glucides	4	9	8,866	0,003 **
71		Recettes de repas	0	3	4,8	0,028 *
72		Informations sur le diabète : la maladie, les traitements, les symptômes, ...	0	4	6,72	0,010 *
73		Évaluation des risques de complications ou problèmes de santé, via les données de santé ou des questionnaires	1	6	7,889	0,005 **
74		Insérer des photocopies de documents médicaux : ordonnances, diagnostics, résultats d'analyse...	2	7	7,726	0,005 **
75		Suggestion de santé : injection d'insuline, sport à effectuer, nourriture à manger, traitements...	2	4	2,057	0,151
76		Conseils et instructions sur les différents médicaments	0	2	3,055	0,081
77	Communication	Partage des données de santé avec des professionnels et structures de santé	4	2	0,229	0,633
78		Consultation d'un professionnel de santé en ligne	1	7	10,371	0,001 **
79		Réseau social : possibilité de partager des données avec d'autres personnes ayant la même application	1	5	5,714	0,017 *
80		Blog, actualité dans les domaines de la santé et du diabète	3	10	14,505	1,40.10 ⁻⁴ ***
81		Forums de discussion avec les développeurs pour obtenir de l'aide, signaler un problème, suggérer une amélioration...	12	8	0,137	0,711
82		Adresses de lieux importants : médecins, hôpitaux, taxi, pharmacie, police...	1	0	0,745	0,388
83		Boutique en ligne : équipement pour la gestion du diabète, alimentation, matériel de sport...	1	9	16,477	4,93.10 ⁻⁵ ***
84		Obtention de points de suivi lors de l'utilisation	1	9	16,477	4,93.10 ⁻⁵ ***
85		Carnet d'adresse : Ajout des contacts de proches	1	2	0,882	0,348
86		Lien pour recommander ou évaluer l'application	5	9	7,073	0,008 **
87	Exportation et importation des données	Exporter des données, dans des fichiers pdf ou csv	10	0	12,245	4,67.10 ⁻⁴ ***
88		Connexion avec des objets connectés de santé pour l'importation de données	9	9	2,057	0,151
89		Possibilité de lier l'application à d'autres applications pour importer des données	5	0	4,511	0,034 *
90	Guide dans l'utilisation de l'application	Informations sur les développeurs : société, adresse, numéro de téléphone	6	10	8,571	0,003 **
91		Foire aux questions, guides d'utilisation	7	3	0,96	0,327
92		Mentions légales, politique de confidentialité	11	10	2,449	0,118

Tableau B-6 : Variables sur les outils et résultats de l'analyse statistique

B.3 Représentation des données de santé sur les applications sélectionnées

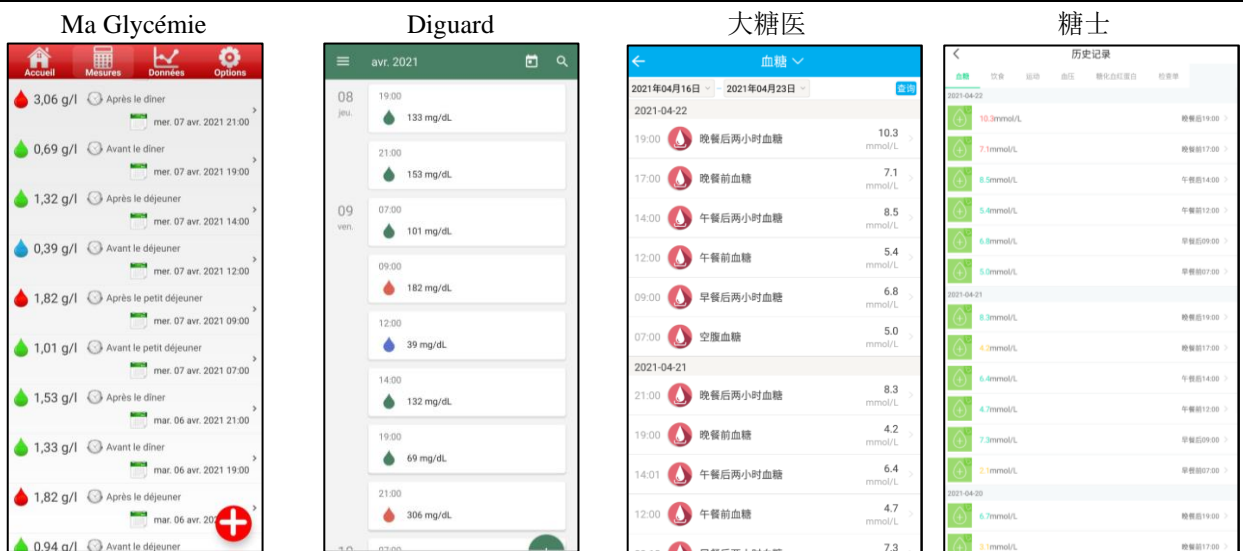
Carnet de suivi

Représentation du carnet de suivi

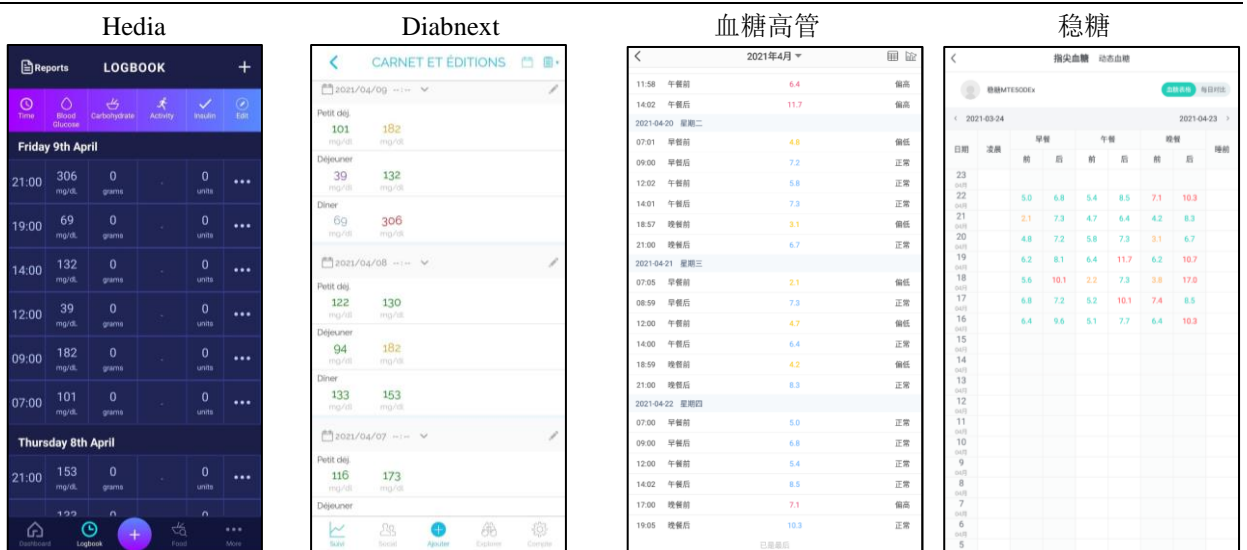
Cadre



Goutte



Liste



Annotation du carnet de suivi

Spécification du type de repas

Insuline

- Avant le déjeuner: 39 mg/dl
- Après le petit déjeuner: 182 mg/dl
- Avant le petit déjeuner: 101 mg/dl
- Après le dîner: 153 mg/dl

myDiabby

- BLOOD SUGAR AND TREATMENT: 0.38 g/l
- BLOOD SUGAR AND TREATMENT: 1.31 g/l
- BLOOD SUGAR AND TREATMENT: 0.85 g/l
- BLOOD SUGAR AND TREATMENT: 1.16 g/l
- BLOOD SUGAR AND TREATMENT: 0.75 g/l

forDiabetes

- 11 Apr 2021 9:00 pm: 185 mg/dl
- 11 Apr 2021 7:00 pm: 127 mg/dl
- 11 Apr 2021 2:00 pm: 153 mg/dl
- 11 Apr 2021 12:00 pm: 97 mg/dl
- 11 Apr 2021 9:00 am: 123 mg/dl
- 11 Apr 2021 7:00 am: 90 mg/dl
- 10 Apr 2021 9:00 pm: 150 mg/dl

Ma Glycémie

- 3,06 g/l: Après le dîner
- 0,69 g/l: Avant le dîner
- 1,32 g/l: Après le déjeuner
- 0,39 g/l: Avant le déjeuner
- 1,82 g/l: Après le petit déjeuner
- 1,01 g/l: Avant le petit déjeuner
- 1,53 g/l: Après le dîner
- 1,33 g/l: Avant le dîner
- 0,94 g/l: Avant le déjeuner

Spécification du contexte

Diguard

- 12:00: 97 mg/dl (avant le sport)
- 14:00: 153 mg/dl (juste réveillé, content)
- 19:00: 127 mg/dl (s'endormir)
- 21:00: 185 mg/dl (avant le sport, fatigué, s'endormir)

mySugr

- jeudi 20 mai 2021: 42 mg/dl
- mercredi 19 mai 2021: 186 mg/dl, 101 mg/dl, 120 mg/dl
- mardi 13 avril 2021: 185 mg/dl, 115 mg/dl, 139 mg/dl

MyDiabby

- BLOOD SUGAR AND TREATMENT: 0.38 g/l
- BLOOD SUGAR AND TREATMENT: 1.31 g/l
- BLOOD SUGAR AND TREATMENT: 0.85 g/l
- BLOOD SUGAR AND TREATMENT: 1.16 g/l
- BLOOD SUGAR AND TREATMENT: 0.75 g/l

SocialDiabetes

- Mardi 13: Glucose moyen: 137 mg/dl
- 21:00: 185 mg/dl (Goûter de l'après-midi Avant)
- 19:00: 115 mg/dl (Dîner Apres)
- 14:00: 139 mg/dl (Déjeuner Apres)
- 12:00: 92 mg/dl (Déjeuner Avant)

Variation depuis la dernière mesure

Insulclock

- 21:00: ↑ Glucose app 306 mg/dL
- 19:00: ↓ Glucose app 69 mg/dL
- 14:00: ↗ Glucose app 132 mg/dL
- 12:00: ↓ Glucose app 39 mg/dL
- 09:00: ↗ Glucose app 182 mg/dL
- 07:00: → Glucose app 101 mg/dL

Statistiques

Représentation des statistiques

Texte

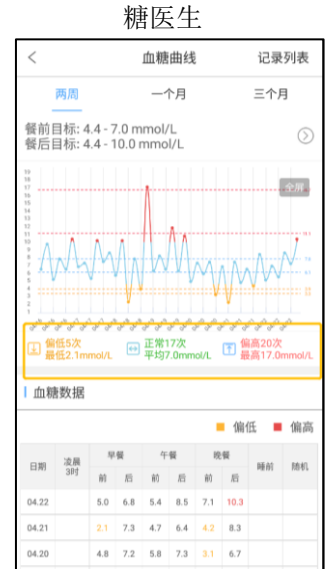
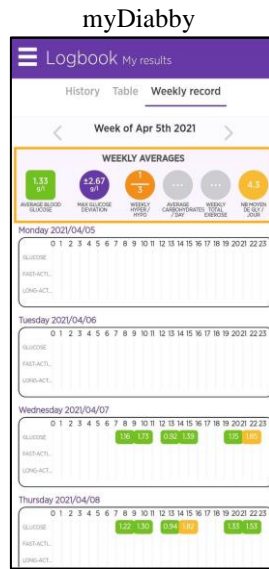
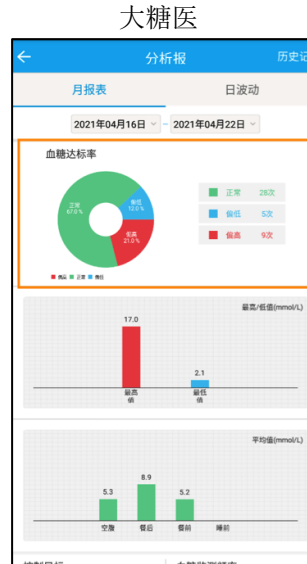
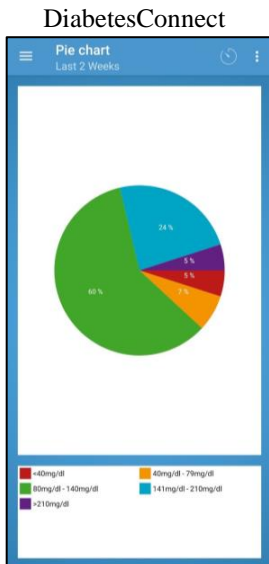


Diagramme circulaire



Histogramme



大糖医

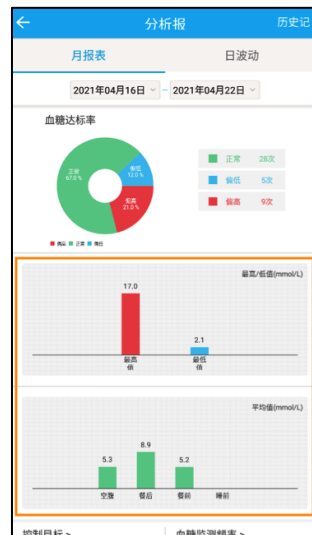
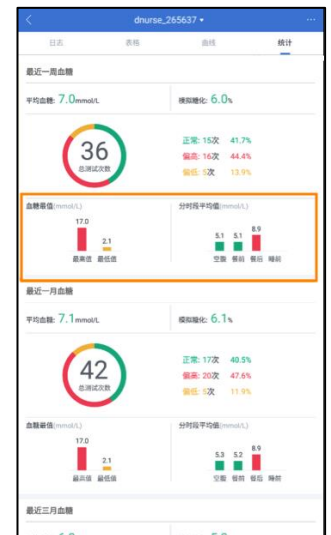


Diagramme à barres



糖护士-管理糖尿病

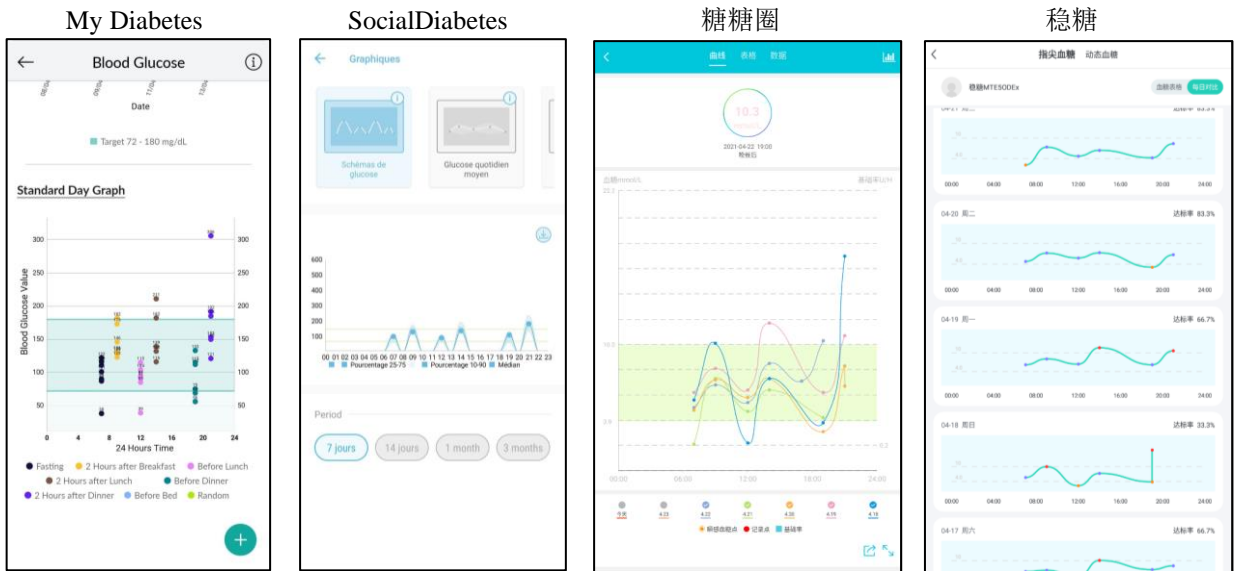


Graphiques Format

Chronologique

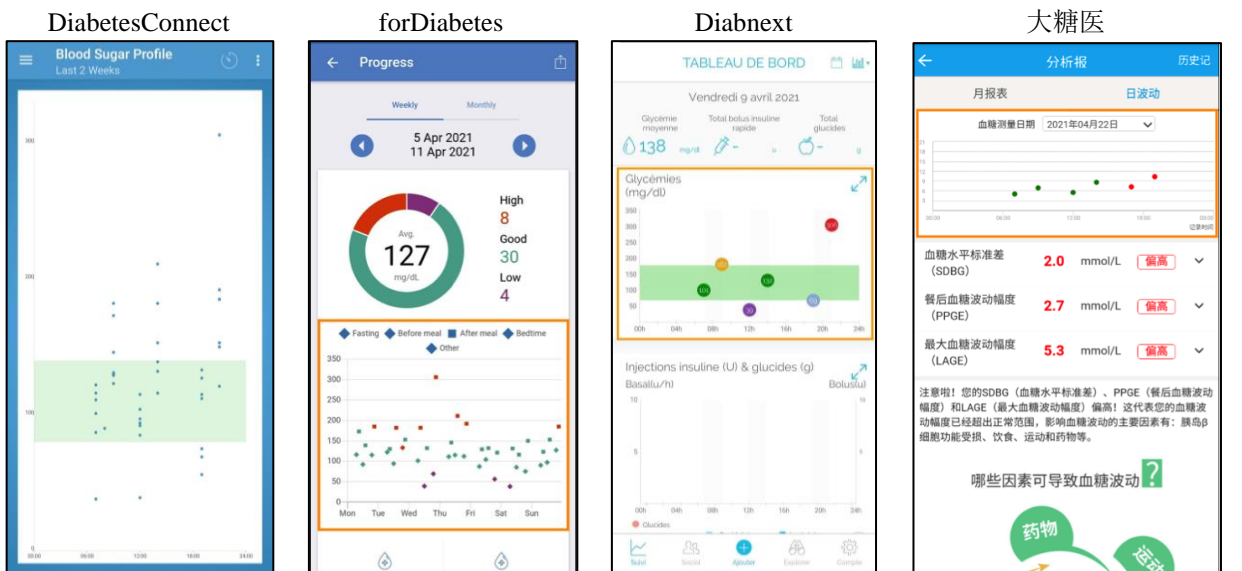


Profil journalier



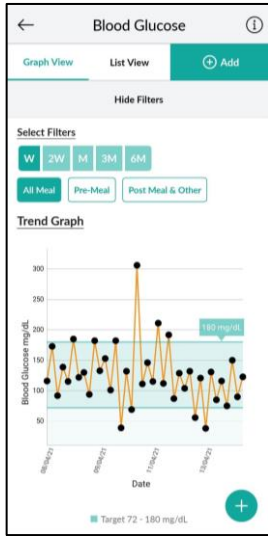
Représentation

Points

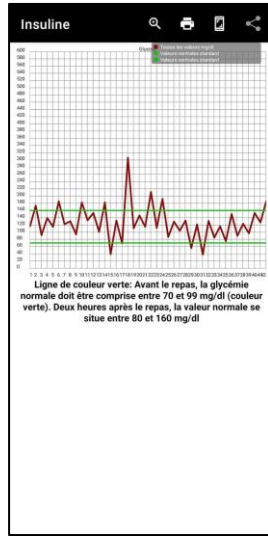


Linéaire

My Diabetes



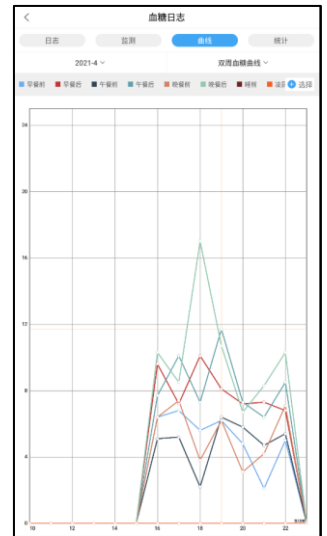
Insuline



糖医生



随糖



Tendance

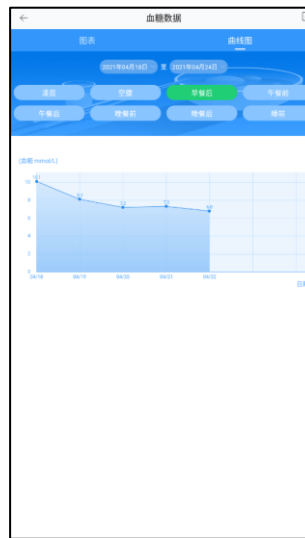
Diabnext



Diguard



糖吧



掌控糖尿病

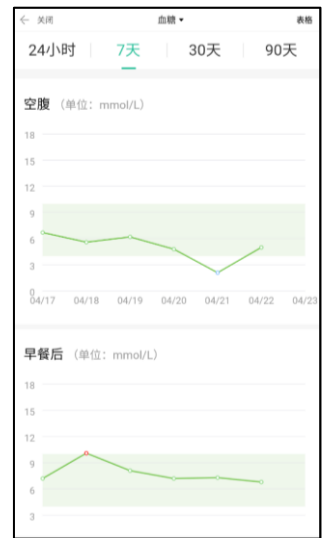
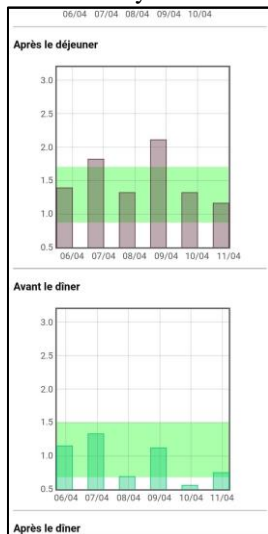


Diagramme à barres

Ma Glycémie

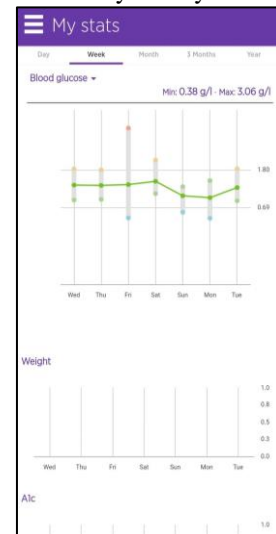


血糖高管



Boîte à moustache

myDiabby



C Enquête : expériences, habitudes et préférences dans les interfaces de santé : questionnaire et résultats

Page d'accueil

Bonjour,

Nous vous sollicitons, dans le cadre d'une **thèse de doctorat**, pour répondre à ce questionnaire destiné à toute personne diabétique. Cette recherche en thèse, menée au sein du Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N), à l'École Centrale de Nantes, porte sur la conception d'applications pour un suivi du diabète, dans le but d'améliorer l'expérience-utilisateur.

Pour mener à bien cette recherche, il nous est indispensable d'obtenir le point de vue de personnes atteintes de diabète. Cette enquête vise ainsi à recueillir vos **expériences, préférences et souhaits** dans le suivi de vos données de santé.

Ce questionnaire est destiné à **toute personne** ayant un diabète, de type 1, type 2, gestationnel ou autre, **utilisant ou non** des applications de santé. Il vous prendra environ **15 minutes** à compléter et comprend **45 questions**.

Toutes les réponses sont anonymes.

Les données personnelles recueillies via ce questionnaire sont traitées sur la base de votre consentement. Vos données seront transmises aux seules personnes habilitées afin de faire des analyses statistiques. Elles seront conservées 24 mois après la clôture de l'enquête. Elles ne seront, en aucun cas, utilisées à des fins de prospection commerciale.

Conformément à la loi applicable (RGPD), vous disposez de différents droits pour maîtriser vos données personnelles (droit d'accès, de rectification, etc.), que vous pourrez exercer en vous adressant par courriel à Chloe.Lourdais@LS2N.fr.

Nous vous remercions par avance de votre participation.

En effet, chaque participant nous permettra de renforcer cette étude.

Chloé Lourdais

Contact : **Chloe.Lourdais@LS2N.fr**

Informations sur les participants

128 personnes diabétiques ont participé à l'enquête.

1) Âge

L'âge moyen des participants est de 46 ans. L'âge varie entre 19 ans et 80 ans.

2) Genre

Les participants sont constitués 104 femmes et de 24 hommes.

3) Nationalité et pays de résidence

Les participants sont constitués de 105 personnes de nationalité française (101 résidant en France, 2 au Canada et 2 en Belgique), 7 de nationalité canadienne (résidant au Canada), 4 de nationalité Belge (résidant en Belgique), 3 de nationalité Algérienne (résidant en Algérie), 2 de nationalité suisse (résidant en Suisse), 1 de nationalité espagnol (résidant en France), 1 de nationalité norvégienne (résidant en France), 1 de nationalité congolaise (résidant en France), 1 de nationalité nigérienne (résidant au Niger), 1 de nationalité tunisienne (résidant en Tunisie), et 1 de nationalité zairoise (résidant au Zaïre).

4) Type de diabète

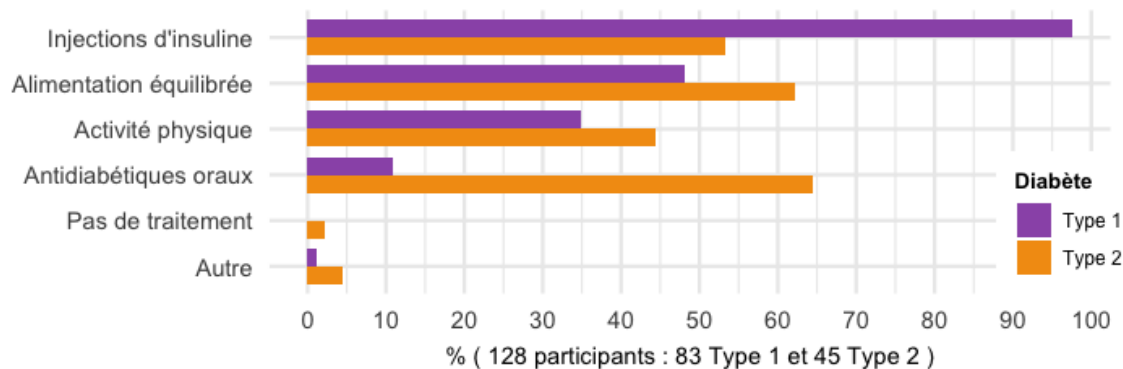
Les participants sont constitués de 83 personnes atteintes d'un diabète de type 1 et de 45 personnes atteintes d'un diabète de type 2, insulino-dépendant ou non.

5) Âge de diagnostic

Les participants ont été diagnostiqués de leur diabète en moyenne à l'âge de 31 ans. L'âge de diagnostic varie entre 1 an et 66 ans.

6) Quel(s) traitement(s) utilisez-vous pour gérer votre diabète ?

** Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent.*

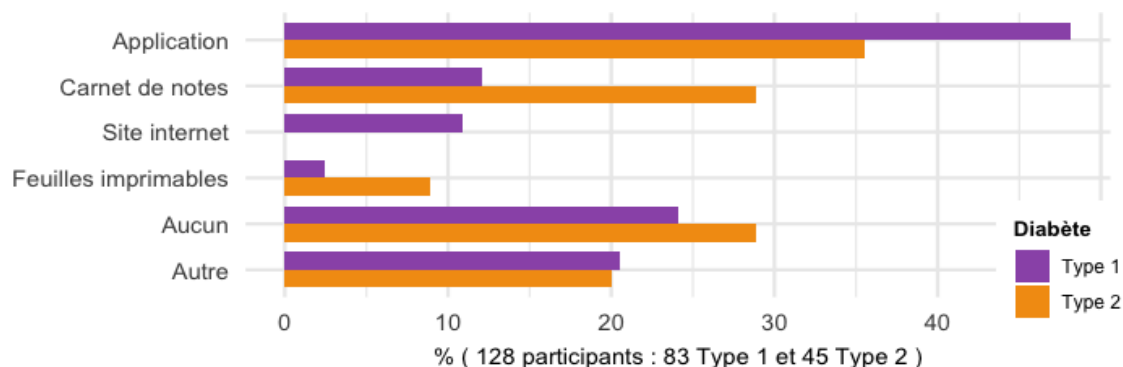


D'autres traitements ont été cités par les participants : injections d'antidiabétiques, boissons à l'aloë vera et compléments alimentaires.

Suivi des données de santé

7) Sur quel support tenez-vous suivez-vous vos données de santé ?

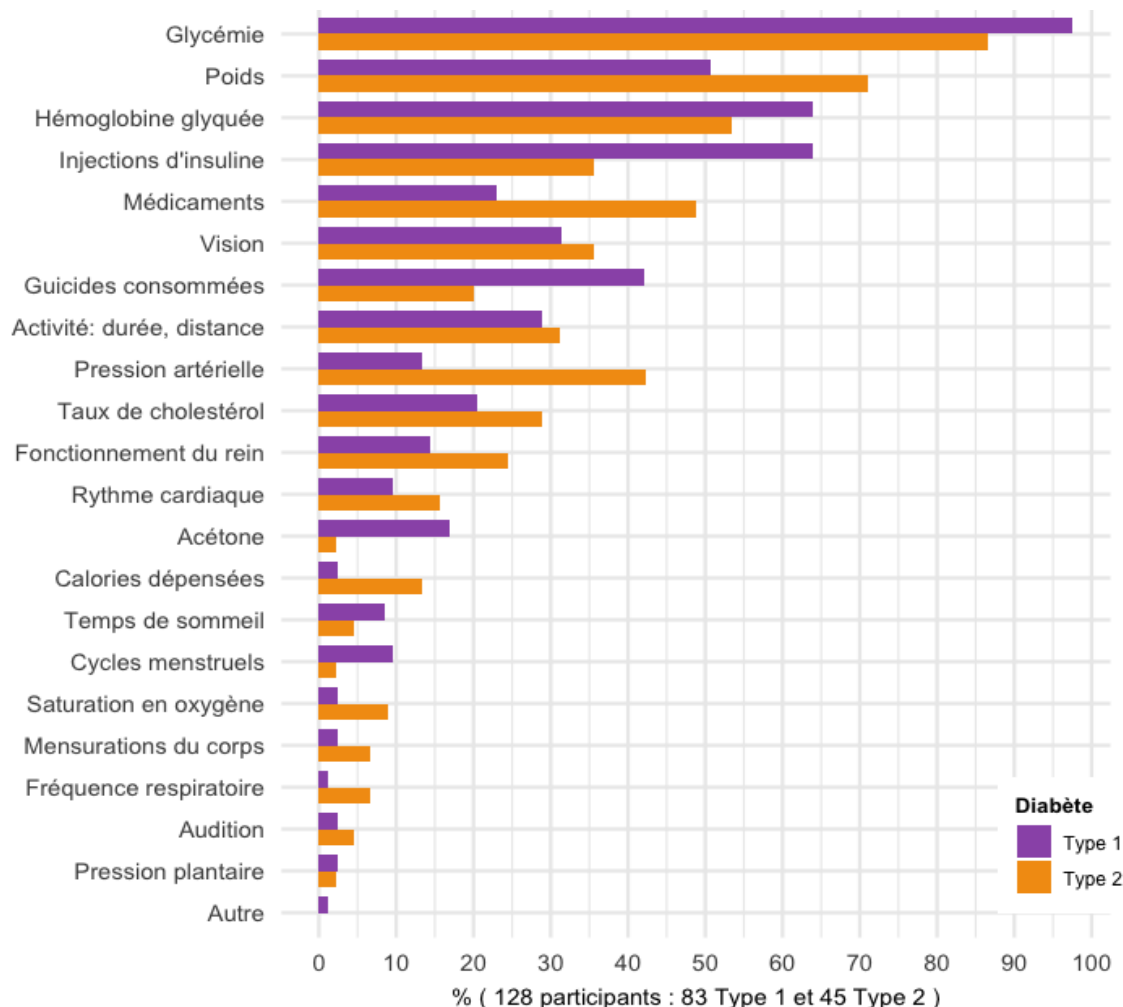
Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.



Certains participants utilisant un autre support pour suivre leurs données de santé ont précisé utiliser le lecteur de glycémie sauvegardant les données ou un tableur Excel.

8) Quelles données de santé suivez-vous régulièrement ?

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.



Certains participants ont aussi précisé qu'ils différencient les types d'insuline injectés. Aucun participant n'a mentionné ne suivre aucune donnée de santé.

9) Mesurez-vous votre glycémie régulièrement ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.

93% (119/128) des participants ont répondu 'Oui' à la question :

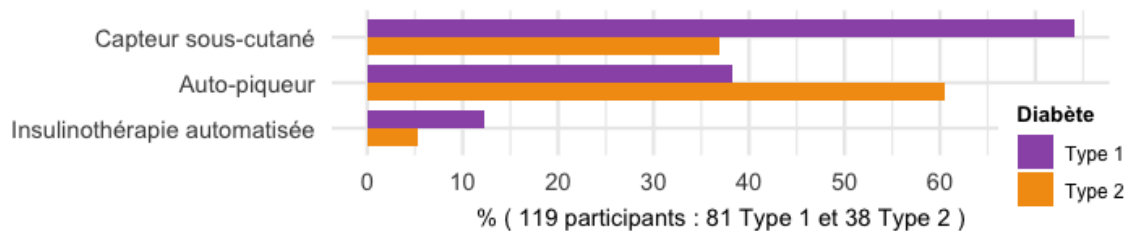
- 98% (81/83) des personnes atteintes d'un diabète de type 1
- 84% (38/45) des personnes atteintes d'un diabète de type 2

10) Quel(s) matériel(s) utilisez-vous pour mesurer votre glycémie ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 9.

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.

* Matériel(s) que vous utilisez le plus régulièrement

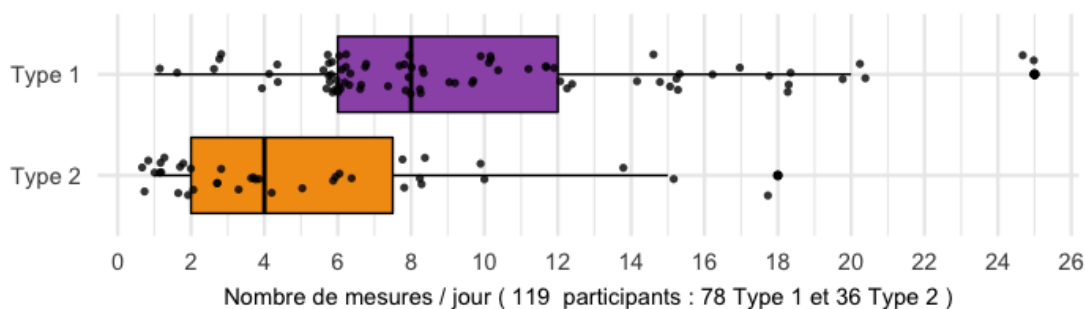


Aucun des participants n'a sélectionné le biocapteur sur montre et les lentilles de contact comme matériels utilisés pour mesurer leur glycémie.

11) En général, à quelle fréquence consultez-vous votre glycémie ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 9.

Veillez écrire votre réponse. Chaque entrée doit être entre 1 et 40.



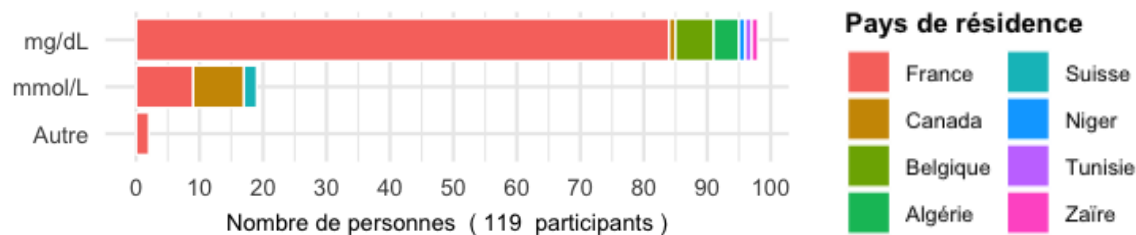
En moyenne les participants mesurent leur glycémie 8,08 fois dans la journée :

- 9,54 fois par jour pour les personnes atteintes d'un diabète de type 1
- 4,95 fois par jour pour les personnes atteintes d'un diabète de type 2

12) Dans quelle unité préférez-vous consulter votre glycémie ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 9.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.

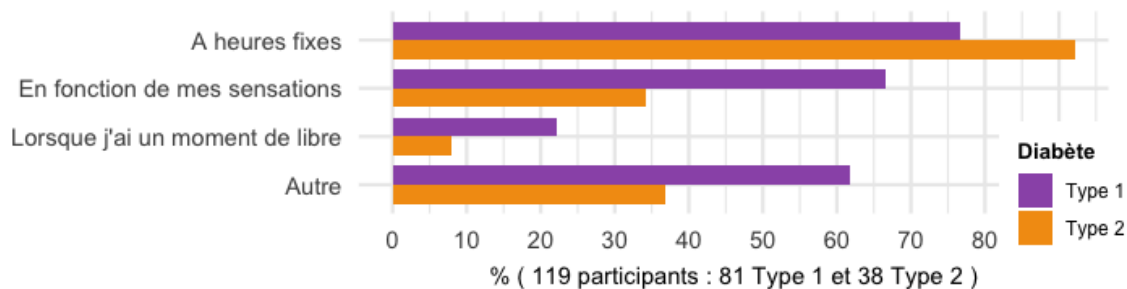


L'unité de mesure de la glycémie semble dépendre particulièrement de la nationalité ou du pays de résidence des participants. Nous nous sommes concentrés sur le pays de résidence. 88% (84/95) des personnes résidant en France utilisent le mg/L. 89% (8/9) des personnes résidant au Canada utilisent le mmol/L. Toutes les personnes résidant en Belgique (6 personnes) et en Algérie (4 personnes) utilisent le mg/L. Il est difficile de conclure pour les autres pays de résidence en raison du faible nombre de participants résidant dans ces pays. Une autre unité de mesure a été citée par les participants : le g/L.

13) Dans quelles conditions consultez-vous votre glycémie ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 9.

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.



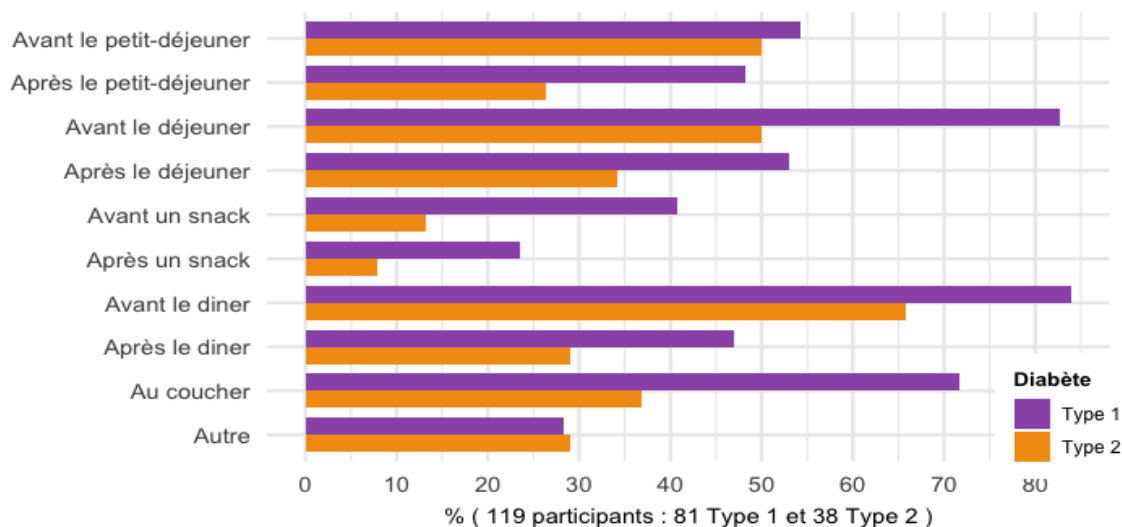
Certains participants ont précisé mesurer leur glycémie dans d'autres conditions : avant et après certaines activités : conduite, activités sportives, activités stressantes comme un examen, lors d'une alarme, dès l'utilisation du téléphone portable et même tout au long de la journée.

Ils ont aussi précisé les sensations les amenant à mesurer leur glycémie : sensation de malaise, soif intense ou accélération du rythme cardiaque.

14) À quel(s) moment(s) de la journée consultez-vous votre glycémie ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 9.

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.



Certains participants ont mentionné qu'ils mesurent leur glycémie la nuit.

Utilisation d'objets connectés et applications de santé

15) Utilisez-vous des objets connectés pour le suivi de votre santé ? Pour le diabète ou pour un autre objectif

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.

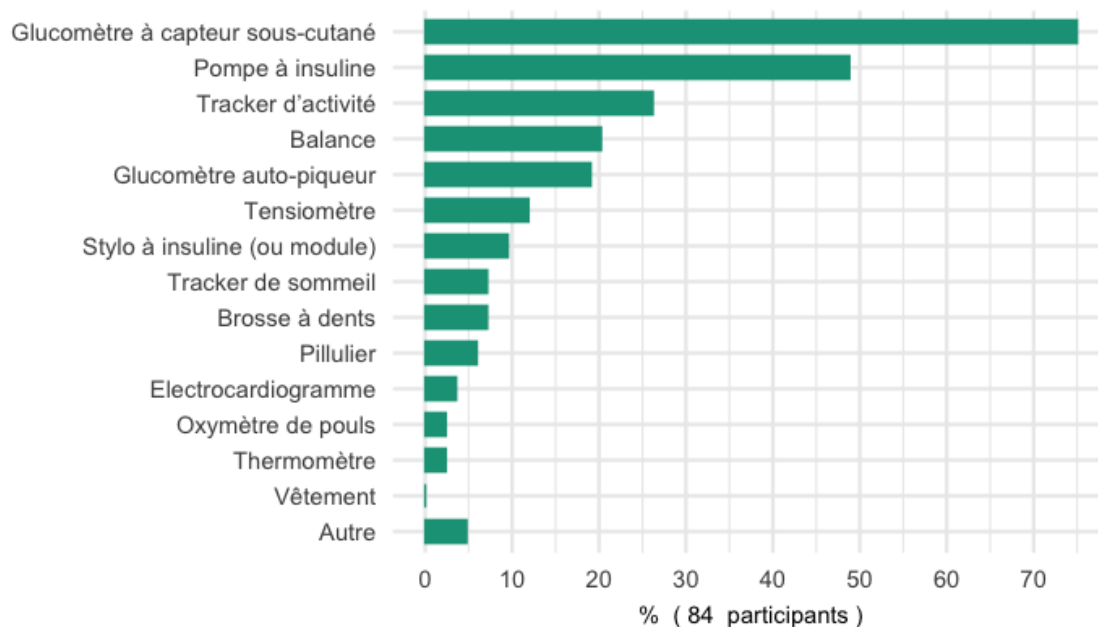
66% (84/128) des participants ont répondu 'Oui' à la question

- 77% (64/83) des personnes atteintes d'un diabète de type 1
- 44% (20/45) des personnes atteintes d'un diabète de type 2

16) Quel(s) type(s) d'objets connectés utilisez-vous ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 15.

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.

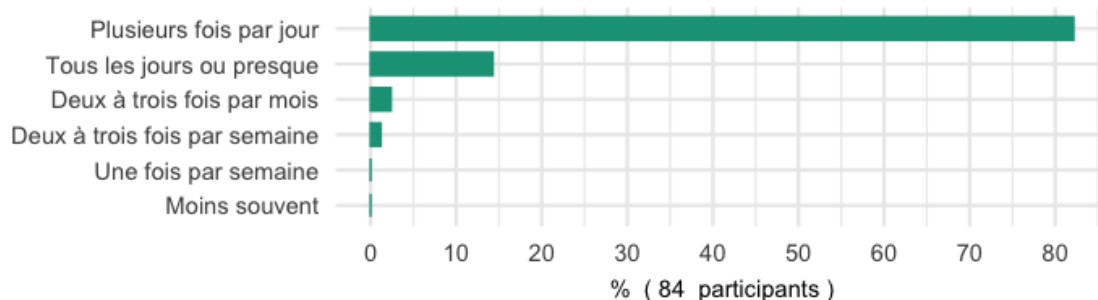


Plusieurs participants ont précisé utiliser un transmetteur de glycémie connecté avec un capteur sous-cutané, notamment de marque Bubble.

17) En général, à quelle fréquence les utilisez-vous ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 15.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.



18) Utilisez-vous des applications, sur smartphone ou tablette, spécifiquement pour gérer votre diabète ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.

* Applications reliées ou non à un objet connecté.

59% (76/128) des participants ont répondu 'Oui' à la question :

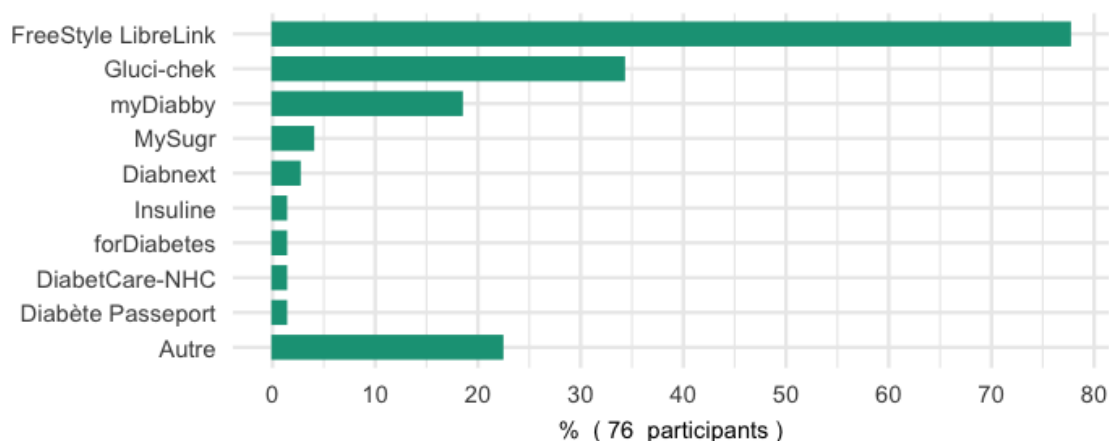
- 66% (55/83) des personnes atteintes d'un diabète de type 1.
- 47% (21/45) des personnes atteintes d'un diabète de type 2.

19) Quelle(s) application(s) utilisez-vous ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 18.

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.

* Notez les applications que vous utilisez régulièrement.

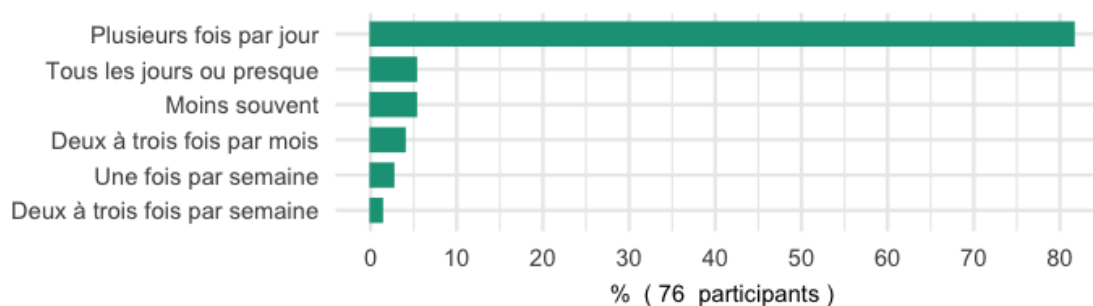


Les applications suivantes n'ont jamais été sélectionnées par les participants : DiabetesConnect, SocialDiabetes, Ma glycémie, Diaguard, Hedia, Insulclock, My DiabetesConnect, Diabhelp, DiabetoPartner et VeryDiab. Certains participants ont ajouté d'autres applications qu'ils utilisent pour le suivi du diabète : My life, Diabox, AndroidAPS, Nightscout, Contour, Diasend, MyStar Plus, Yazio, Diabeto Log, OneTouch Reveal, Dexcom, Sugarmate et xDrip+.

20) Quelle fréquence utilisez-vous ces applications ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 18.

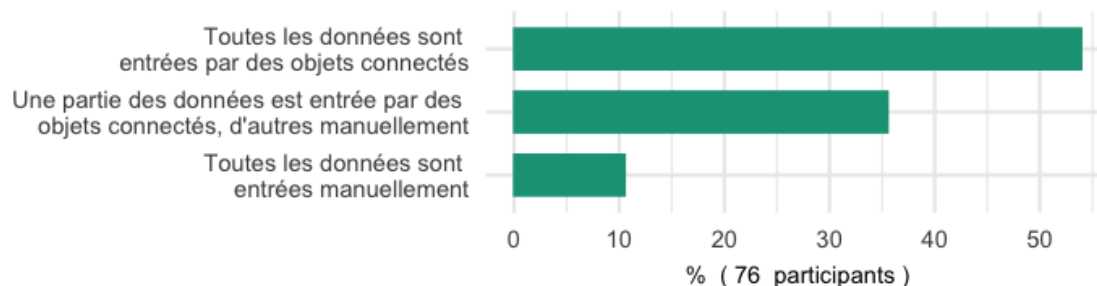
Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.



21) Comment entrez-vous les données de santé sur ces applications ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 18.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.



22) Utilisez-vous d'autres applications pour votre santé ou votre bien-être ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.

* Applications reliées ou non à un objet connecté.

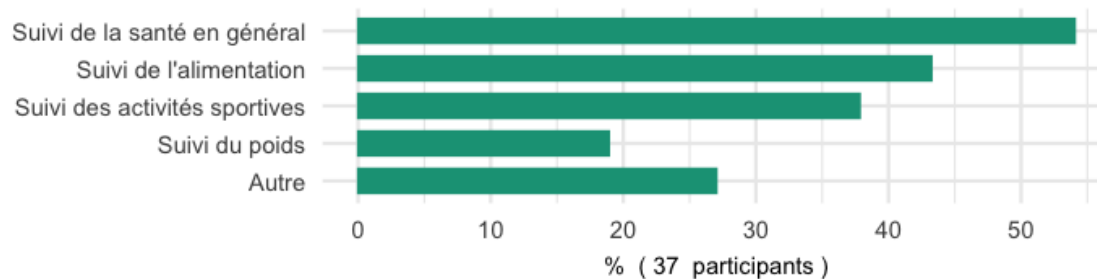
29% (37/128) des participants ont répondu 'Oui' à la question :

- 31% (26/83) des personnes atteints d'un diabète de type 1
- 24% (11/45) des personnes atteintes d'un diabète de type 2

23) Quel(s) type(s) d'application(s) utilisez-vous ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 22.

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent

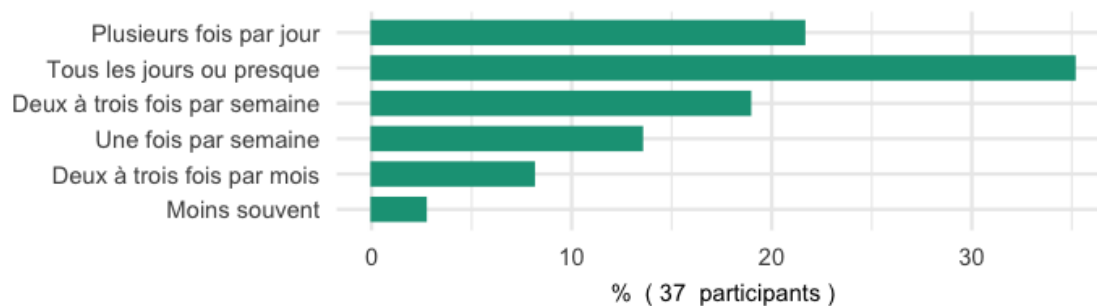


Aucun participants n'a indiqué utiliser une application pour le suivi du sommeil. Certains participants ont précisé utiliser d'autres d'applications pour suivre les cycles menstruels.

24) quelle fréquence les utilisez-vous ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 22.

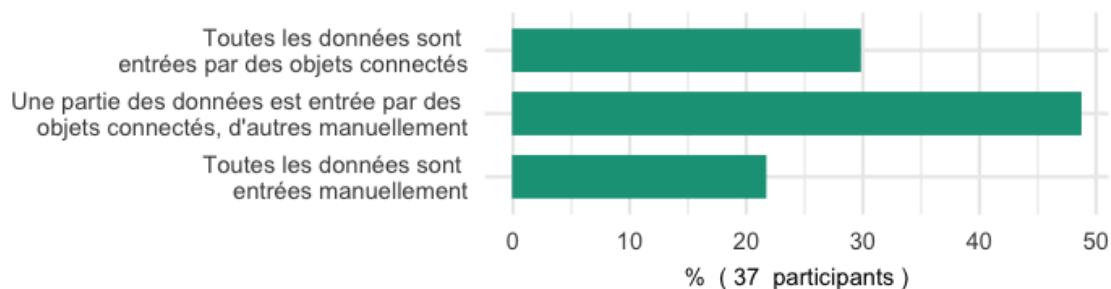
Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.



25) En général, comment y entrez-vous les données de santé ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' à la question 22.

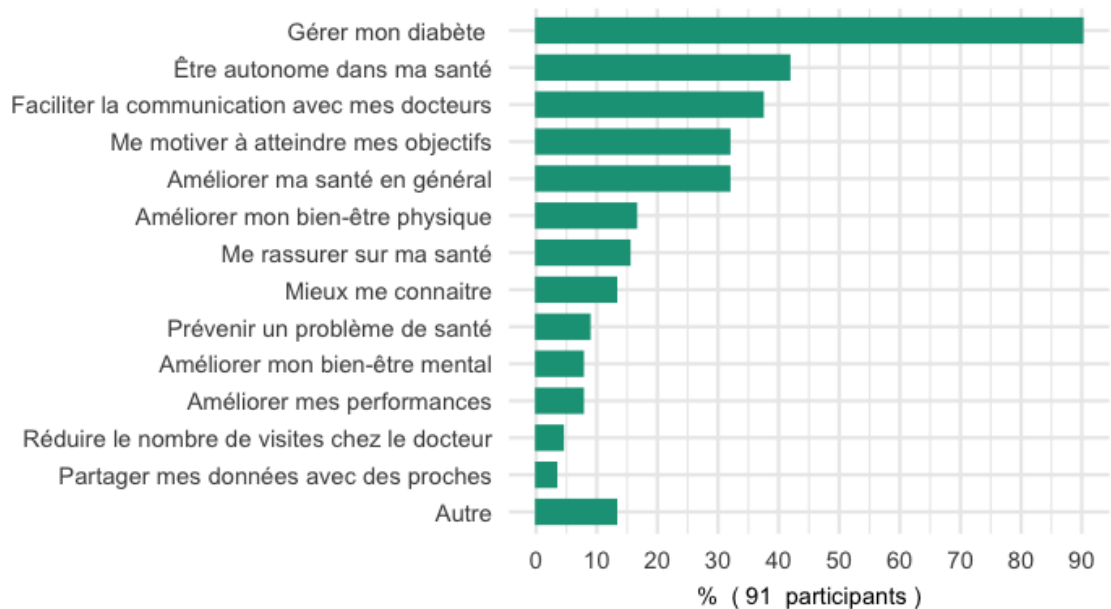
Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.



26) Pour quelle(s) raison(s) utilisez-vous ces objets connectés et/ou applications ?

Répondre à cette question seulement si la réponse était 'Oui' aux la question 15 ou 18 ou 22.

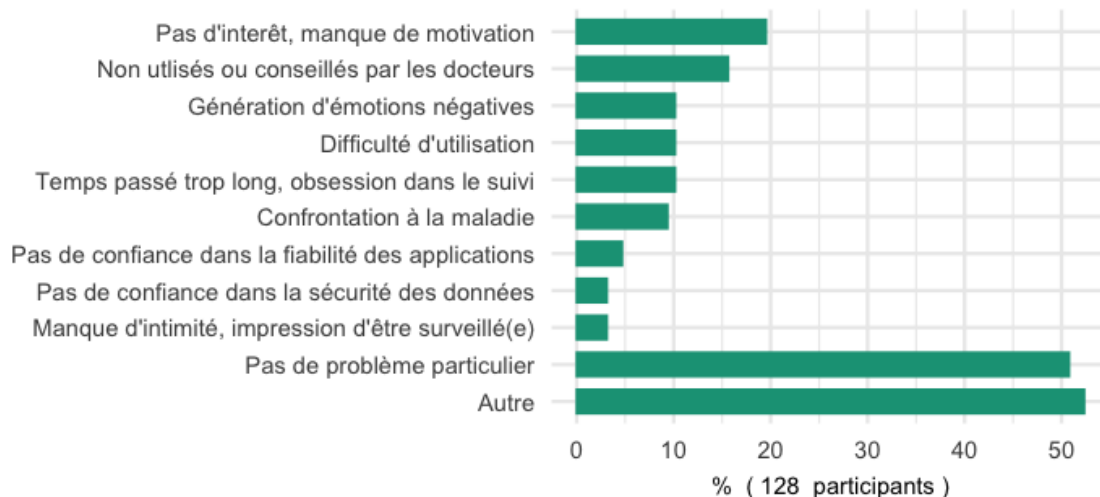
Veillez sélectionner de 1 à 4 réponses. Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.



27) Quel(s) problème(s) rencontrez-vous ou pour quelle(s) raison(s) n'utilisez-vous d'objets connectés ou d'applications de santé ?

Veillez sélectionner au moins une réponse.

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent



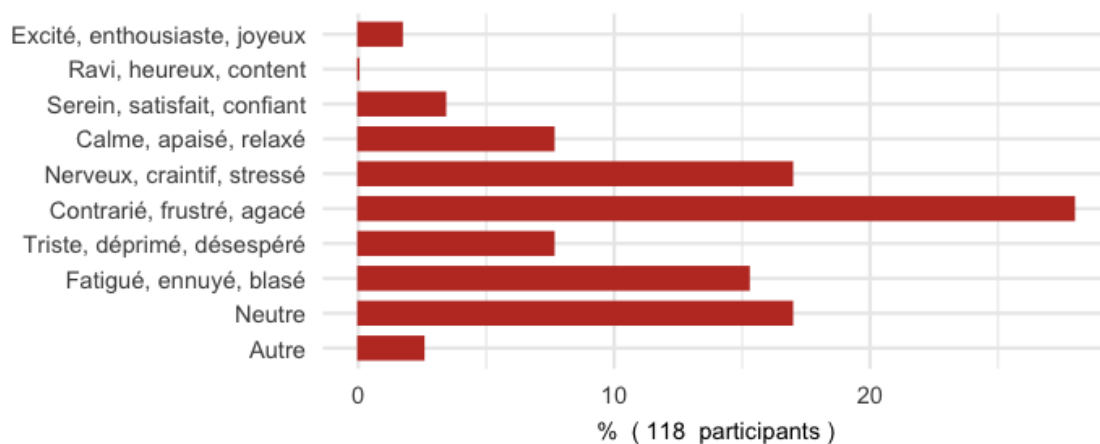
Certains participants ont cité d'autres freins qu'ils pouvaient rencontrer : le prix, le temps passé à l'entrée des données manuellement, l'incompréhension dans les variations des données mesurées et le manque de connaissances et de conseils sur ces outils.

Emotions dans le suivi de la glycémie

Ces questions concernent votre ressenti lorsque vous consultez votre glycémie sur une application ou un appareil de mesure.

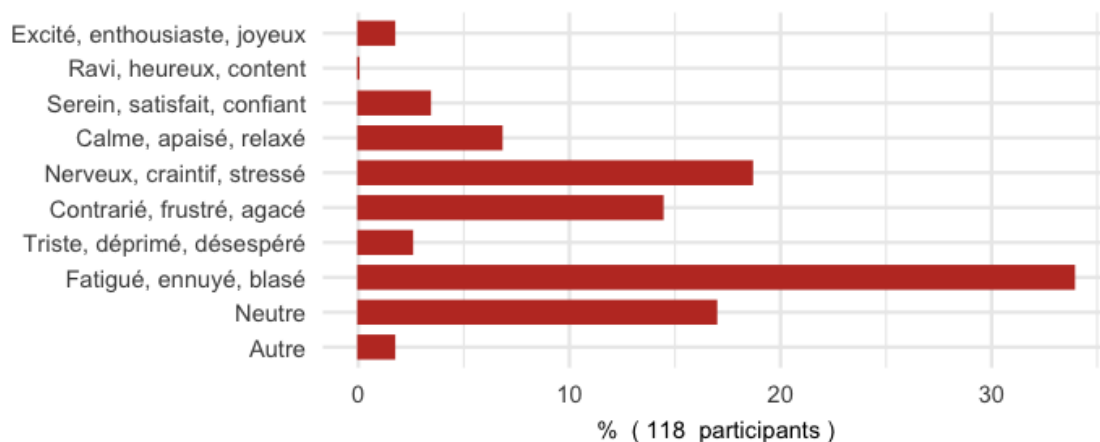
28) En général, dans quel état vous sentez-vous lorsque vous consultez votre glycémie et que vous êtes en état d'hyperglycémie ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.



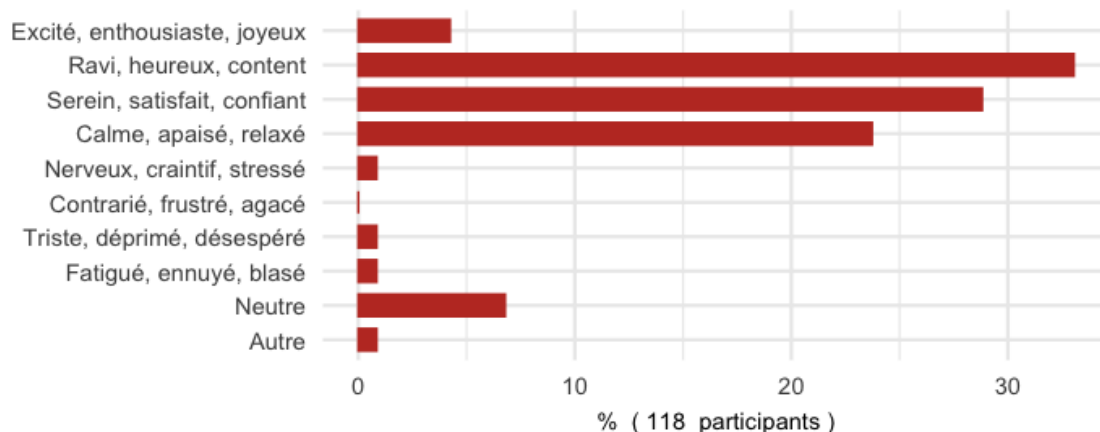
29) En général, dans quel état vous sentez-vous lorsque vous consultez votre glycémie et que vous êtes en état d'hypoglycémie ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.



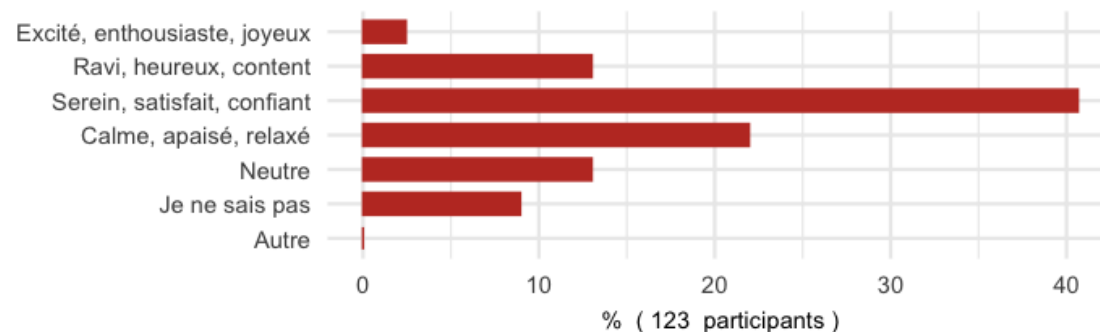
30) En général, dans quel état vous sentez-vous lorsque votre glycémie est bonne ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.



31) Quel état préféreriez-vous ressentir lorsque vous consultez votre glycémie sur une application ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.



32) Globalement, vous sentez-vous confronté(e) à un ou plusieurs problèmes cités ci-dessous dans le suivi de vos données de santé ? Si oui, lesquels ?

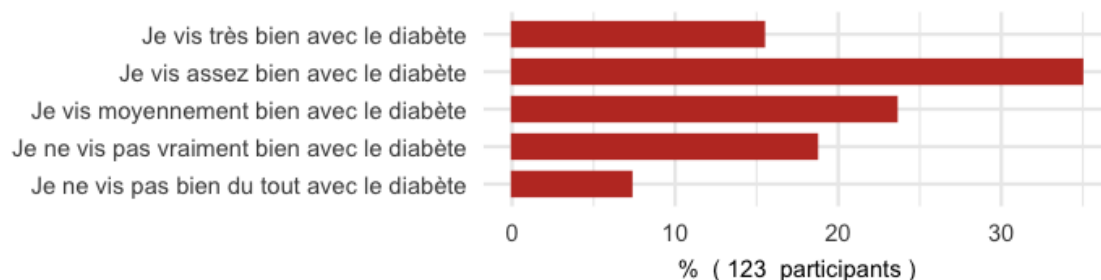
Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.



59% (72/123) des participants rencontrent un ou plusieurs problèmes émotionnels cités (frustration, tristesse, angoisse, manque de motivation) dans le suivi des données. Certains participants ont cité d'autres problèmes d'ordre émotionnel qu'ils pouvaient régulièrement rencontrer : l'impatience vis-à-vis de la consultation des mesures notamment en cas d'hyperglycémie prolongée, le manque de rigueur sur le long terme pour l'entrée des données et leur analyse, la lassitude et le manque de challenge.

33) Globalement, estimez-vous bien vivre avec votre diabète ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.



50% (62/123) des participants estiment vivre très ou assez bien avec le diabète, 24% (20/123) estiment vivre moyennement bien avec le diabète et 26% (32/123) estiment vivre pas vraiment ou pas du tout bien avec le diabète.

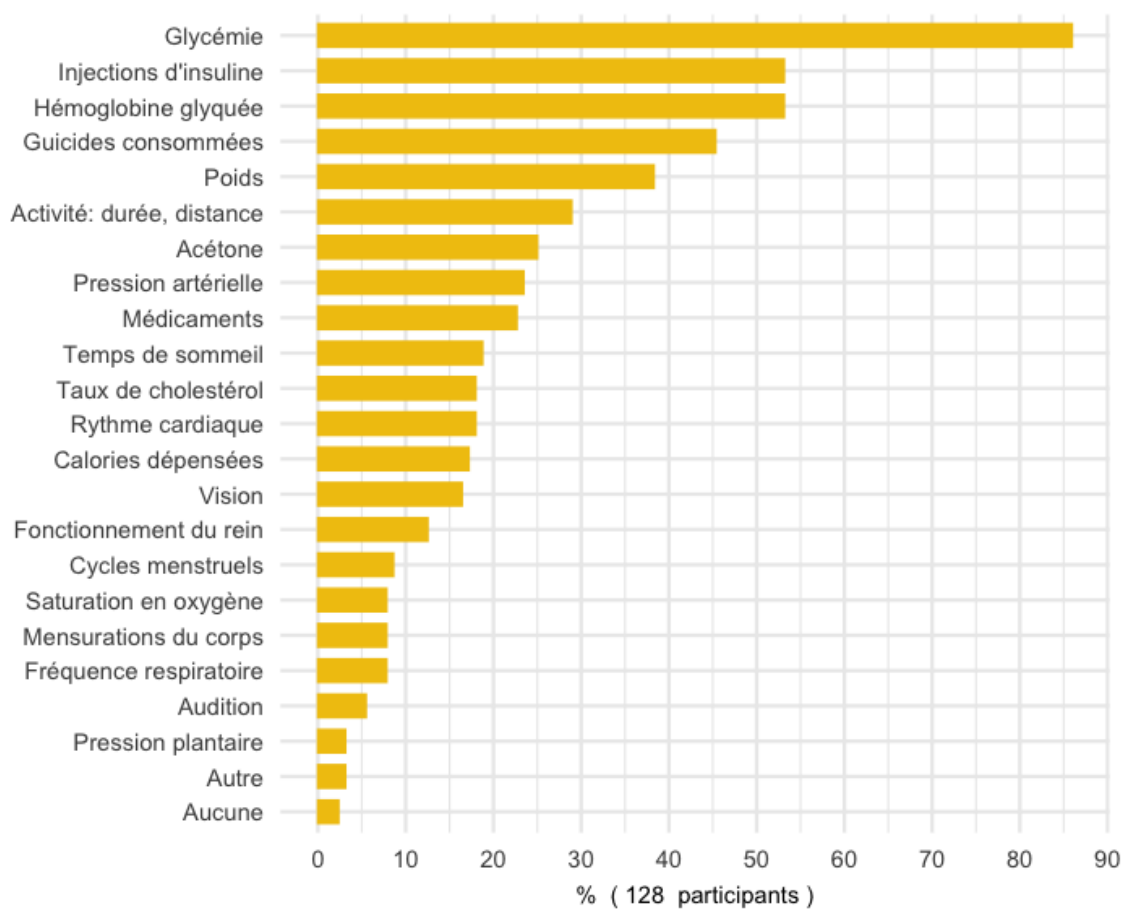
Préférences et souhaits dans les applications de diabète

Cette partie concerne vos préférences et souhaits envers les applications pour le suivi du diabète.

- Si vous utilisez déjà des applications pour le suivi de votre diabète, répondez aux questions en vous basant sur vos expériences et souhaits pour une meilleure application.
- Si vous n'utilisez pas d'applications, répondez aux questions en vous basant seulement sur vos attentes et souhaits pour une potentielle utilisation.

34) Quelle(s) donnée(s) de santé préférez-vous ou aimeriez-vous suivre sur une application pour le suivi du diabète ?

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.



Certains participants ont cité une autre donnée de santé qu'ils aimeraient suivre sur une application de diabète : c'est la dépense et la consommation de lipides.

35) Quel(s) outil(s) préférez-vous ou aimeriez-vous utiliser régulièrement ?

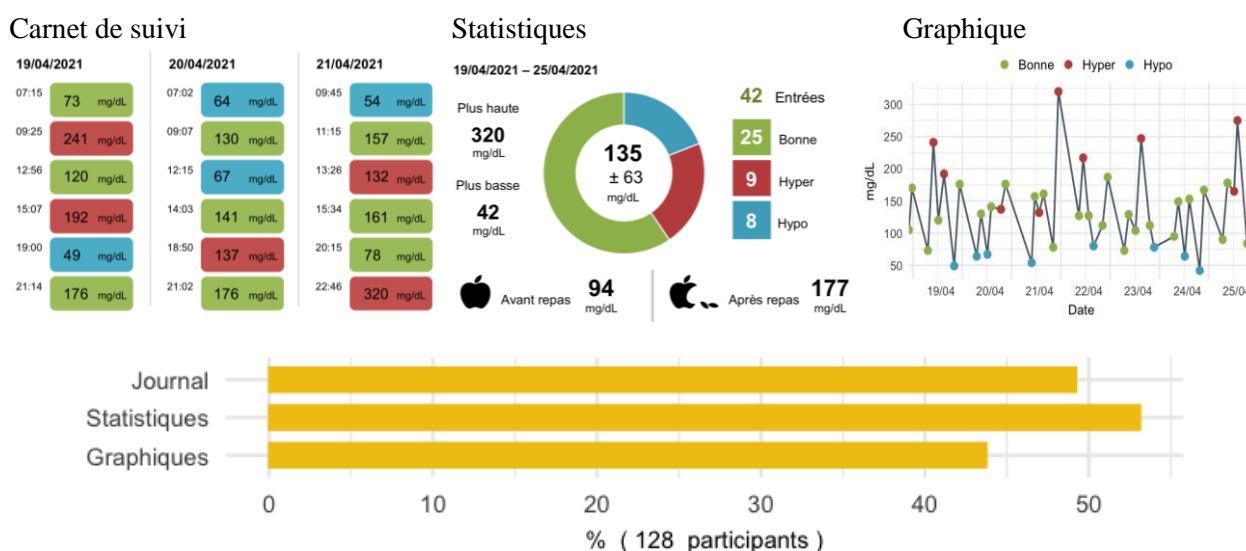
Veillez sélectionner de 4 à 10 réponses. Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.



Certains participants ont cité d'autres outils : des explications sur les variations des données, la présence de jeux et de challenges, la possibilité d'annoter certaines mesures, en cas d'activité sportive par exemple, et pouvoir consulter différentes données (glycémie, insuline, glucides) en parallèle.

36) Quel(s) type(s) de représentation préférez-vous pour analyser votre glycémie ?

Veillez sélectionner de 1 à 2 réponses. Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.

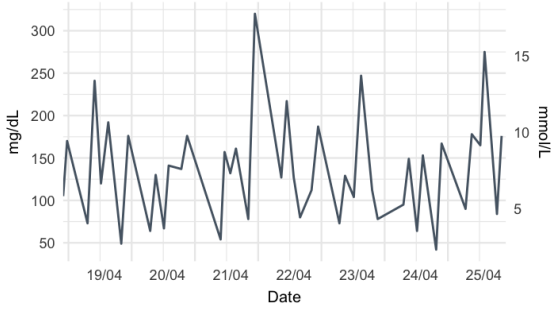


37) Quel(s) type(s) de graphique préférez ou aimeriez-vous consulter ?

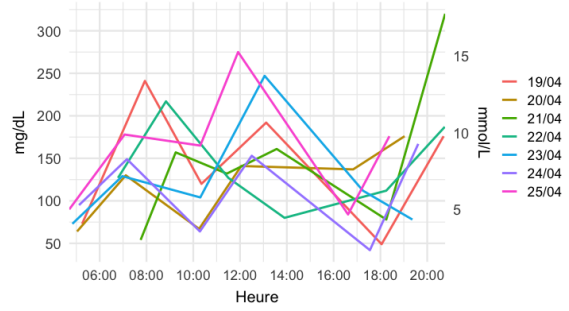
Veillez sélectionner de 1 à 3 réponses. Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.

Tous les graphiques représentent les mêmes données de glycémie au cours de la même période.

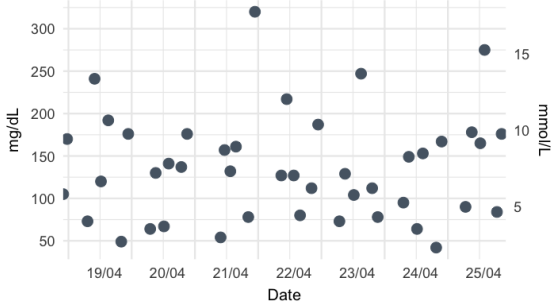
Linéaire – Chronologique



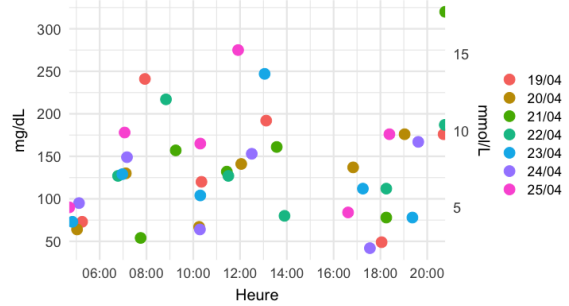
Linéaire – Profil journalier



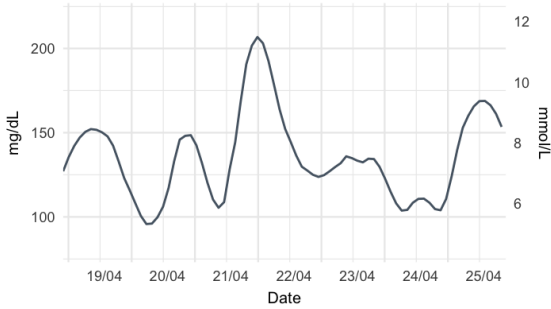
Points – Chronologique



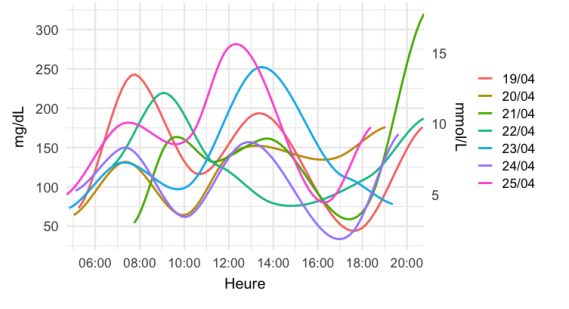
Points – Profil journalier



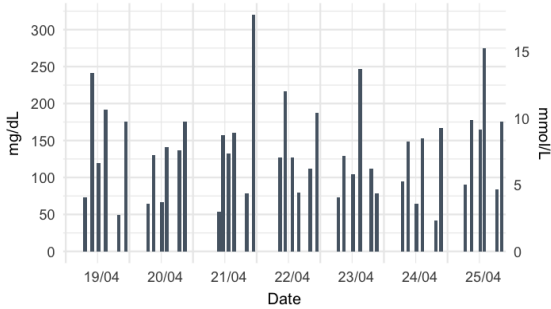
Tendance – Chronologique



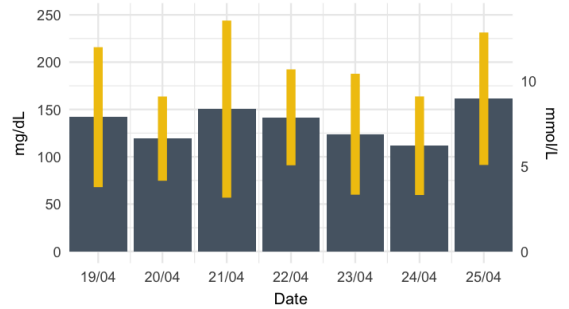
Tendance – Profil journalier



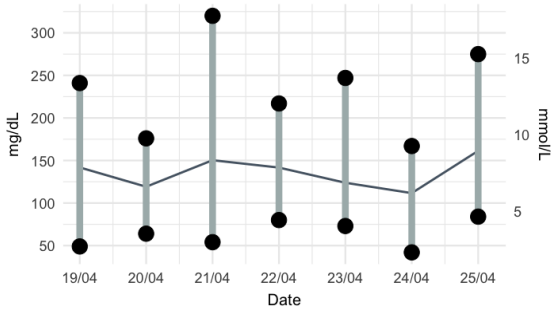
Graphique à barres - Chronologique

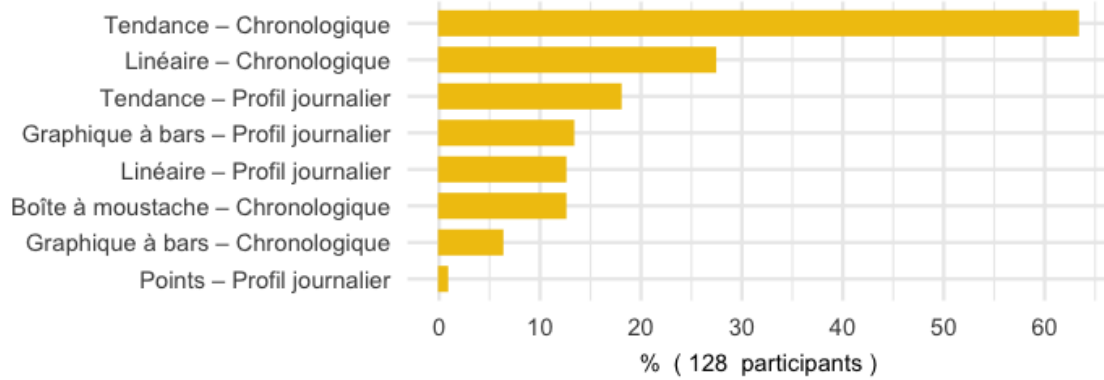


Graphique à barres – Profil journalier



Boîte à moustache – Chronologique

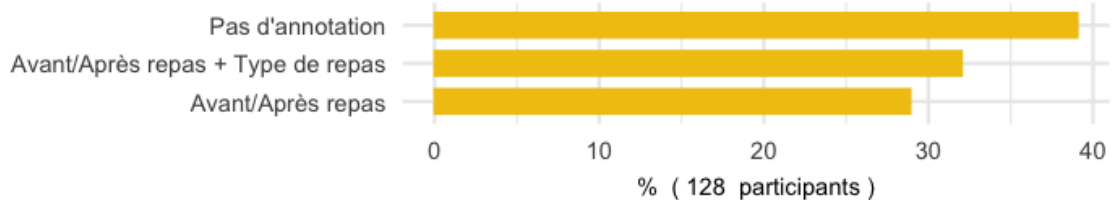
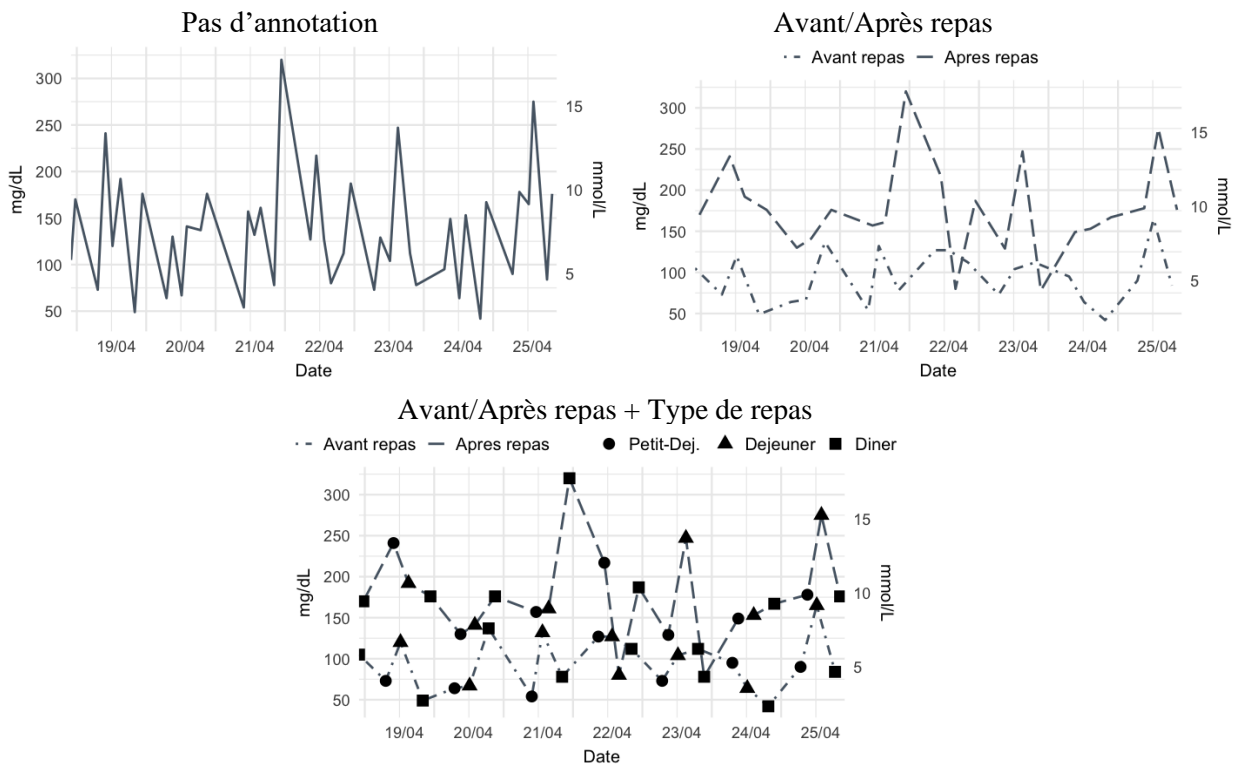




38) Dans une représentation graphique, vous semble-t-il important de préciser si une mesure de glycémie a été prise avant ou après un repas, et le type de repas associé ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.

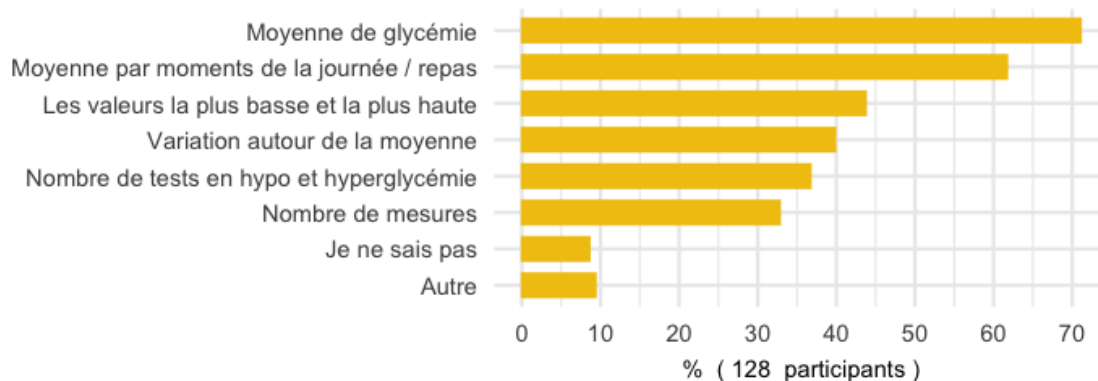
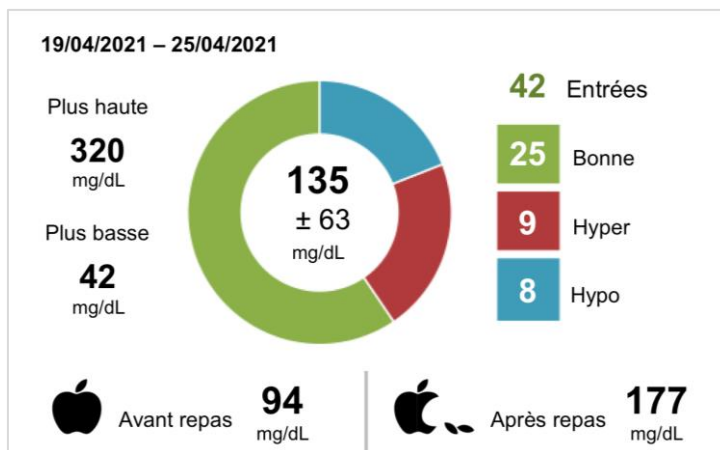
** Prendre pour exemple les graphiques suivants.*



39) Quelles données statistiques sur vos mesures de glycémie préférez-vous ou aimeriez-vous consulter sur cette période ?

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent.

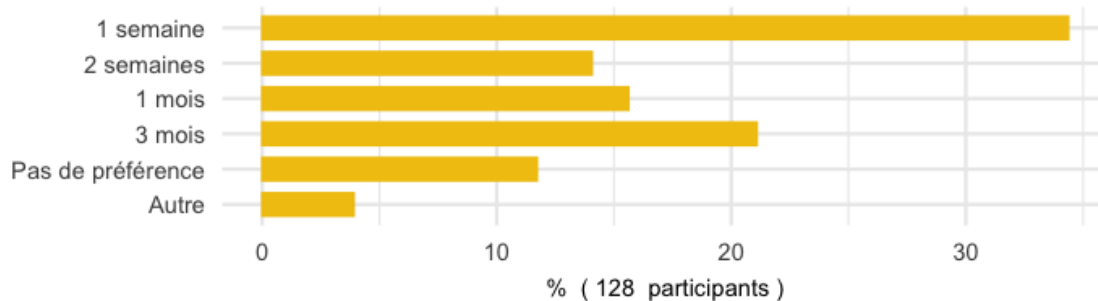
Comme sur l'exemple ci-dessous sur une période d'une semaine :



40) Sur quelle période de temps préférez-vous ou aimeriez-vous consulter l'ensemble de vos données de glycémie ?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes.

**Par exemple sous forme de statistiques ou de graphiques.*



Certains participants ont précisé qu'ils préféreraient avoir le choix de plusieurs périodes de temps.

D Optimisation de l'interface de santé améliorant la satisfaction-patient : site Internet de l'expérimentation



Expérimentation : Conception - centrée utilisateur - d'une interface de santé
Préférences dans la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète

Présentation

Bonjour,

Dans le cadre d'une thèse de doctorat, nous sollicitons toute personne atteinte d'un diabète, pour participer à cette expérience en ligne.

Objectif :

Cette recherche en thèse, menée au sein du Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N), à l'Ecole Centrale de Nantes, porte sur la conception d'une interface de santé dans le but d'améliorer l'expérience utilisateur.

En particulier, cette étude vise à recueillir vos ressentis lors de l'utilisation d'applications pour le suivi du diabète et vos préférences dans la représentation des données de santé.

Les résultats fourniront des pistes d'amélioration aux concepteurs d'applications pour le suivi du diabète.

Déroulement :

Cette expérimentation comprend 3 grandes étapes :

- 1. Pour commencer, des questions personnelles sont posées.
- 2. Dans un second temps, il est demandé de sélectionner, sur plusieurs tours, vos interfaces préférées parmi des choix affichés. Les interfaces sont des représentations des données de glycémie de différentes façons. Au fur et à mesure des tours, les interfaces proposées convergeront vers votre interface favorite.
- 3. Dans un troisième et dernier temps, quelques questions sont posées sur votre satisfaction face à différentes interfaces.

Cette expérience vous prendra environ 20/30 minutes.

Toutes les instructions y sont données au fur et à mesure et permettent d'être guidé.

Afin de bien afficher le contenu de l'expérience, merci d'utiliser un ordinateur (non un smartphone).

Elle est destinée à toute personne ayant un diabète de type 1, de type 2 ou gestationnel, utilisant ou non des applications de santé.

Toute l'expérience est entièrement anonyme et ne permet pas de vous identifier.

N'hésitez pas à contacter l'expérimentateur pour toute question.

Nous vous remercions par avance pour votre participation.

Chaque participant nous permettra de renforcer cette étude.

Chloé Lourdais

Contact : Chloe.Lourdais@LS2N.fr

[Commencer l'expérience](#)

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes - Ecole Centrale de Nantes
1 rue de la Noë, 44300 Nantes - Chloe.Lourdais@LS2N.fr





Expérimentation : Conception - centrée utilisateur - d'une interface de santé
Préférences dans la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète

Consentement de participation

Informations sur l'étude :

Par le biais de ce site internet, je peux participer à l'expérimentation de recherche suivante :
 Titre : Préférences dans la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète
 Expérimentateur : Chloé Lourdaï, Doctorante
 Institution : Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes - Ecole Centrale de Nantes
 Coordonnées : Ecole Centrale de Nantes, 1 rue de la Noë, 44300 Nantes
 0682009937, Chloee.Lourdaï@LS2N.fr

Vos droits :

Afin d'éclairer ma décision, j'ai reçu une explication *sur la page précédente*, concernant les objectifs et le déroulement de cette étude.
 Si des questions ou problèmes surviennent à n'importe quel moment de l'étude, je pourrais contacter l'expérimentateur de l'étude.
 Si je le désire, j'ai le droit de refuser de participer à cette étude ou de retirer mon consentement à tout moment sans encourir aucune responsabilité ni aucun préjudice de ce fait. Il me suffira de fermer la page de ce site internet.

Traitement des données :

En participant à cette étude, j'accepte que les données recueillies soient conservées par l'expérimentateur et puissent faire l'objet d'une analyse statistique. Je comprends que toutes les données sont anonymes : les données recueillies ne permettent pas de m'identifier.
 J'ai bien noté que, conformément à la loi applicable (RGPD), je dispose de différents droits pour maîtriser mes données personnelles (droit d'accès, de rectification, etc.), et que je pourrais exercer à tout moment en m'adressant par courriel à l'expérimentateur.

En cochant cette case, j'accepte de participer à cette recherche dans les conditions précisées ci-dessus

Commencer l'expérience

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes - Ecole Centrale de Nantes
 1 rue de la Noë, 44300 Nantes - *Chloe.Lourdaï@LS2N.fr*



Expérimentation : Conception - centrée utilisateur - d'une interface de santé
Préférences dans la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète

Questions personnelles

Consignes avant de commencer :



Cette expérience s'effectue étape après étape.
 Toutes les instructions nécessaires vous seront délivrées au fur et à mesure.
 Afin de bien afficher l'expérience, merci d'utiliser un ordinateur et d'ouvrir votre navigateur en plein écran.
 Aussi, nous vous demandons de ne pas utiliser le bouton "Précédent" du navigateur.
 Le cas échéant, l'expérience se réinitialise et les données seront perdues.

Première étape ...

La première étape consiste à répondre à quelques questions personnelles.
 Vous trouverez, sur les pages suivantes, plusieurs questionnaires à compléter :

- sur votre gestion générale du diabète,
- sur vos habitudes dans l'utilisation d'applications de santé,
- sur votre rapport à votre maladie, et
- sur votre personnalité

Indiquez les réponses qui vous paraissent le plus proche de la réalité au cours des 6 derniers mois.
 Répondez aux questions instinctivement en vous basant sur vos habitudes, impressions, et sentiments.
 Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses.

Suivant

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes - Ecole Centrale de Nantes
 1 rue de la Noë, 44300 Nantes - *Chloe.Lourdaï@LS2N.fr*





Questions personnelles 1/4

Gestion générale du diabète

Votre âge :

Votre genre :

- Femme
 Homme
 Autre

Votre nationalité * :

* Cette étude est menée simultanément en France et à l'étranger

Votre pays de résidence * :

* Le pays que vous considérez comme votre pays de résidence sur le long-terme

Votre type de diabète :

- Type 1
 Type 2
 Gestationnel

Votre âge lors du diagnostic :

En moyenne, combien de fois par jour mesurez-vous votre glycémie ?

Quel matériel utilisez-vous pour mesurer votre glycémie ?

Le matériel que vous utilisez le plus souvent

- Autopiqueur
 Glucomètre à capteur sous-cutané
 Système d'insulinothérapie automatisé en boucle fermée
 Biocapteur sur montre
 Lentille de contact
 Aucun
 Autre

Sur quel support tenez-vous votre carnet de suivi ?

Le support que vous utilisez le plus souvent

- Cahier / Carnet
 Feuille de suivi imprimable
 Site internet
 Application sur smartphone / tablette
 Je ne tiens pas de carnet de suivi
 Autre

Suivant



Questions personnelles 2/4

Applications de santé et objets connectés

Notez les phrases suivantes en vous basant sur vos habitudes et impressions dans l'utilisation d'applications de santé.

	Jamais	Quelques fois par an	Quelques fois par mois	Quelques fois par semaine	Plusieurs fois par jour
Utilisez-vous des applications, sur smartphone ou tablette, spécifiquement pour gérer votre diabète ? <i>Les applications peuvent être reliées ou non à un objet connecté</i> <i>Ex : Gluci-Chek, My Diabby, Hadia, Freestyle Libre, VeryDiab, Diabetes Connect, DiabetCare...</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Utilisez-vous d'autres applications pour suivre votre santé ou bien-être ? <i>Ex : Pour votre santé en général, votre alimentation, vos activités sportives, votre sommeil, votre poids...</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Utilisez-vous des objets connectés pour suivre votre santé ? Pour le diabète ou un autre objectif. <i>Un objet connecté de santé effectue des mesures de santé et peut les délivrer sur une application Smartphone.</i> <i>Ex : Montre connectée, glucomètre connecté, pompe à insuline connectée, pilulier connecté, brosse à dents connectée...</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Si vous n'utilisez pas d'applications ou d'objets connectés pour la santé, répondez "Pas du tout d'accord" aux questions suivantes.

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Neutre	D'accord	Tout à fait d'accord
Mes applications de santé m'aident à mieux gérer mon diabète et ma santé en général	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grâce à mes applications de santé, je peux partager des données, être en contact avec des proches, ou une communauté.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mes applications de santé me permettent de réduire mes visites chez le docteur et je peux rapidement contacter des professionnels de santé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je suis inquiet(e) à propos de ma santé lorsque je ne peux pas consulter mes informations de santé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mes applications de santé m'encouragent à atteindre mes objectifs de santé et à améliorer mes performances	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mes applications de santé m'aident à mieux me connaître, contrôler ma santé et être autonome	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je suis rassuré(e) de savoir que je pourrais être prévenu(e) si j'ai un problème de santé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Suivant



Questions personnelles 3/4

Sentiments et attitude par rapport à la maladie diabète

Pour chaque question, cocher la case qui correspond le mieux à vos sentiments et attitude face à votre maladie diabète. Basez-vous sur ce que vous ressentez, et non à ce que votre docteur ou famille pense.

A quel point le diabète est-il perturbant pour vous ?	Pas du tout <input type="radio"/>	Un peu perturbant <input type="radio"/>	Assez perturbant <input type="radio"/>	Très perturbant <input type="radio"/>	Extrêmement perturbant <input type="radio"/>
Quel contrôle sur votre diabète avez-vous ?	Aucun <input type="radio"/>	Léger <input type="radio"/>	Modéré <input type="radio"/>	Elevé <input type="radio"/>	Très élevé <input type="radio"/>
Quel niveau d'incertitude rencontrez-vous dans votre vie à cause du diabète ?	Aucun <input type="radio"/>	Léger <input type="radio"/>	Modéré <input type="radio"/>	Elevé <input type="radio"/>	Très élevé <input type="radio"/>
Quelle est la probabilité que votre diabète s'aggrave au cours de prochaines années ? Basez-vous sur votre sentiment personnel plutôt que sur un jugement rationnel	Pas probable du tout <input type="radio"/>	Peu probable <input type="radio"/>	Assez probable <input type="radio"/>	Très probable <input type="radio"/>	Extrêmement probable <input type="radio"/>
Pensez-vous qu'un bon contrôle du diabète est davantage dû à vos efforts plutôt qu'à des facteurs indépendants de votre volonté ?	Totalement grâce à moi <input type="radio"/>	Principalement à grâce à moi <input type="radio"/>	Grâce à moi et grâce à d'autres facteurs <input type="radio"/>	Principalement grâce à d'autres facteurs <input type="radio"/>	Totalement grâce à d'autres facteurs <input type="radio"/>
Dans quelle mesure êtes-vous efficace pour faire face à votre diabète ?	Pas du tout <input type="radio"/>	Un peu efficace <input type="radio"/>	Assez efficace <input type="radio"/>	Très efficace <input type="radio"/>	Extrêmement efficace <input type="radio"/>
Dans quelle mesure votre diabète entrave-t-il le développement de vos objectifs de vie ?	Pas du tout <input type="radio"/>	Legèremenet <input type="radio"/>	Modérément <input type="radio"/>	Fortement <input type="radio"/>	Très fortement <input type="radio"/>

Suivant



Questions personnelles 4/4

Personnalité

Dans quelle mesure les phrases suivantes décrivent-elles votre personnalité ?
 Notez les phrases suivantes en vous basant sur vos sentiments et manière d'être, et non sur ce que vous aimeriez être

	Pas du tout d'accord		Pas d'accord		Neutre		D'accord		Tout à fait d'accord
Mon bonheur dépend beaucoup du bonheur de ceux qui m'entourent	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je fais ce qui plaît à ma famille, même si je déteste cette activité	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je sacrifie habituellement mon intérêt personnel au profit de mon groupe (famille, amis, collègues...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
J'aime travailler dans des situations impliquant une compétition avec d'autres personnes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le bien-être de mes collègues de travail est important pour moi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
J'aime être unique et différent des autres à bien des égards	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les enfants doivent se sentir honorés si leurs parents reçoivent un prix prestigieux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je fais souvent "mon propre truc"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La concurrence est la loi de la nature	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Si un collègue de travail reçoit un prix, je me sentirais fier(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je suis un individu unique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je peux sacrifier une activité que j'aime beaucoup si ma famille ne l'approuve pas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sans compétition, il est impossible d'avoir une bonne société	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je me sens bien lorsque je coopère avec les autres	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Suivant





Optimisation d'interface

Prochaine partie ...

La partie suivante se concentre sur la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète.

Sur plusieurs tours, 4 interfaces seront affichées, et nous vous demanderons de sélectionner votre interface préférée : l'interface vous satisfaisant le plus.

Toutes les interfaces affichées représenteront les mêmes données de glycémie, mais de différentes façons.

Les interfaces comprennent 3 parties :



Pour chaque tour, lorsque vous avez sélectionné votre interface préférée, cliquez sur le bouton **Tour suivant**

Au fur et à mesure des tours, les interfaces proposées vont converger vers votre interface optimale : votre interface favorite.

Cette étape comprend 40 tours.

Le nombre de tours peut paraître impressionnant, mais rassurez-vous, vous allez vous familiariser avec les interfaces au fil de tours et répondre plus facilement et rapidement.

Si vous pensez avoir atteint votre interface favorite avant la fin des 40 tours, vous pourrez cliquer sur le bouton **Cible atteinte**

Commencer

Sélectionnez votre interface préférée ...

14 / 11 / 2021

7 derniers jours

Moyenne 137 mg/dL
± 61 mg/dL

21:24 157 mg/dL
19:13 62 mg/dL
14:37 187 mg/dL
12:21 114 mg/dL
09:16 217 mg/dL
07:37 85 mg/dL

Avant dîner
Après dîner
Après déjeuner
Après petit-déjeuner

Hypo 17%
Zone cible 59%
Hyper 24%

7 derniers jours

■ Avant repas ■ Après repas

08-11 09-11 10-11 11-11 12-11 13-11 14-11

Jour

Nombre de tour : 0 / 40

14 / 11 / 2021

7 derniers jours

Moyenne 137 mg/dL
Variation 61 mg/dL
Avant repas 95 mg/dL
Après repas 178 mg/dL
Plus basse 41 mg/dL
Plus haute 316 mg/dL

21:24 157 mg/dL
19:13 62 mg/dL
14:37 187 mg/dL
12:21 114 mg/dL
09:16 217 mg/dL
07:37 85 mg/dL

Hypo 17%
Zone cible 59%
Hyper 24%

7 derniers jours

● Avant repas ● Après repas

08-11 09-11 10-11 11-11 12-11 13-11 14-11

Jour

Cible atteinte

14 / 11 / 2021

7 derniers jours

Moyenne 137 mg/dL
Variation 61 mg/dL
Avant repas 95 mg/dL
Après repas 178 mg/dL
Plus basse 41 mg/dL
Plus haute 316 mg/dL

21:24 157 mg/dL
19:13 62 mg/dL
14:37 187 mg/dL
12:21 114 mg/dL
09:16 217 mg/dL
07:37 85 mg/dL

Hypo 17%
Zone cible 59%
Hyper 24%

7 derniers jours

08-11 09-11 10-11 11-11 12-11 13-11 14-11

Heure

Tour suivant

14 / 11 / 2021

7 derniers jours

Moyenne 137 mg/dL
Variation 61 mg/dL
Avant repas 95 mg/dL
Après repas 178 mg/dL
Plus basse 41 mg/dL
Plus haute 316 mg/dL

21:24 157 mg/dL
19:13 62 mg/dL
14:37 187 mg/dL
12:21 114 mg/dL
09:16 217 mg/dL
07:37 85 mg/dL

Hypo 17%
Zone cible 59%
Hyper 24%

7 derniers jours

08-11 09-11 10-11 11-11 12-11 13-11 14-11

Jour

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes - Ecole Centrale de Nantes
1 rue de la Noë, 44300 Nantes - Chloe.Lourdais@LS2N.fr

CENTRALE NANTES LS2N

Sélectionnez votre interface préférée ...

14 / 11 / 2021

7 derniers jours

Moyenne 137 mg/dL
Variation 61 mg/dL
Avant repas 95 mg/dL
Après repas 178 mg/dL
Plus basse 41 mg/dL
Plus haute 316 mg/dL

21:24 157 mg/dL
19:13 62 mg/dL
14:37 187 mg/dL
12:21 114 mg/dL
09:16 217 mg/dL
07:37 85 mg/dL

Hypo 17%
Zone cible 59%
Hyper 24%

7 derniers jours

■ Avant repas ■ Après repas

08-11 09-11 10-11 11-11 12-11 13-11 14-11

Jour

Nombre de tour : 10 / 40

14 / 11 / 2021

7 derniers jours

Moyenne 137 mg/dL
Variation 61 mg/dL
Avant repas 95 mg/dL
Après repas 178 mg/dL
Plus basse 41 mg/dL
Plus haute 316 mg/dL

21:24 157 mg/dL
19:13 62 mg/dL
14:37 187 mg/dL
12:21 114 mg/dL
09:16 217 mg/dL
07:37 85 mg/dL

Hypo 17%
Zone cible 59%
Hyper 24%

7 derniers jours

08-11 09-11 10-11 11-11 12-11 13-11 14-11

Jour

Cible atteinte

14 / 11 / 2021

7 derniers jours

Moyenne 137 mg/dL
Variation 61 mg/dL
Avant repas 95 mg/dL
Après repas 178 mg/dL
Plus basse 41 mg/dL
Plus haute 316 mg/dL

21:24 157 mg/dL
19:13 62 mg/dL
14:37 187 mg/dL
12:21 114 mg/dL
09:16 217 mg/dL
07:37 85 mg/dL

Hypo 17%
Zone cible 59%
Hyper 24%

7 derniers jours

08-11 09-11 10-11 11-11 12-11 13-11 14-11

Heure

Tour suivant

14 / 11 / 2021

7 derniers jours

Moyenne 137 mg/dL
Variation 61 mg/dL
Avant repas 95 mg/dL
Après repas 178 mg/dL
Plus basse 41 mg/dL
Plus haute 316 mg/dL

21:24 157 mg/dL
19:13 62 mg/dL
14:37 187 mg/dL
12:21 114 mg/dL
09:16 217 mg/dL
07:37 85 mg/dL

Hypo 17%
Zone cible 59%
Hyper 24%

7 derniers jours

08-11 09-11 10-11 11-11 12-11 13-11 14-11

Jour

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes - Ecole Centrale de Nantes
1 rue de la Noë, 44300 Nantes - Chloe.Lourdais@LS2N.fr

CENTRALE NANTES LS2N

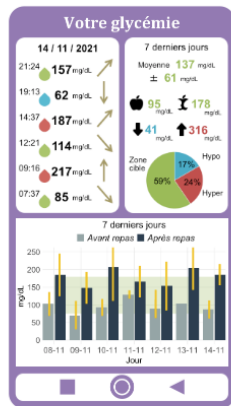


Expérimentation : Conception - centrée utilisateur - d'une interface de santé
Préférences dans la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète

Optimisation d'interface

Merci pour votre participation à cette étape !

Voici votre interface favorite :



Petite question ...

Sur quelle partie de l'interface vous concentriez-vous davantage pour faire votre choix ?

- La couleur générale
- Le journal
- Les statistiques
- Le graphique
- L'ensemble
- Je ne sais pas

Suivant

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes - Ecole Centrale de Nantes
1 rue de la Noë, 44300 Nantes - Chloé.Lourdais@LS2N.fr



Expérimentation : Conception - centrée utilisateur - d'une interface de santé
Préférences dans la représentation des données de glycémie sur une application pour le suivi du diabète

Evaluation d'interface

Dernière partie ...

Pour finir, nous aimerions évaluer votre niveau de satisfaction face à 2 interfaces : votre interface favorite et une interface différente.

Une par une, les interfaces vous seront présentées et nous vous demanderons de répondre à quelques questions.

Répondez instinctivement aux questions en vous basant sur vos sentiments lorsque vous consultez les données de glycémie sur les interfaces.

Commencer

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes - Ecole Centrale de Nantes
1 rue de la Noë, 44300 Nantes - Chloé.Lourdais@LS2N.fr

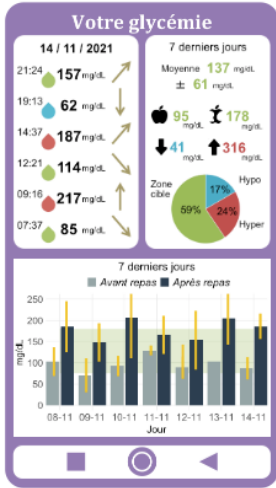




Evaluation d'interface

Répondez aux questions suivantes concernant l'interface affichée ci-dessous.

Interface 1



Quel est votre niveau de plaisir lorsque vous consultez ces données ?

<p>Négatif paniqué(e) imité(e) peiné(e) ennuyé(e)</p>		<p>Positif joyeux(se) ravi(e) confiant(e) relaxé(e)</p>
<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>		

Quel est votre niveau d'intensité émotionnelle lorsque vous consultez ces données ?

<p>Faible détendu(e) relaxé(e) indifférent(e) blasé(e)</p>		<p>Forte excité(e) euphorique agité(e) effrayé(e)</p>
<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>		

Pas du tout d'accord **Pas d'accord** **Neutre** **D'accord** **Tout à fait d'accord**

Les données de glycémie sont faciles à lire et à comprendre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cette représentation est visuellement plaisante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cette représentation répond à mes besoins	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cette représentation me donne confiance	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
En général, je suis satisfait(e) par cette représentation des données	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je pourrais recommander cette représentation pour une application	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
J'utiliserais l'application avec cette représentation des données	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Suivant

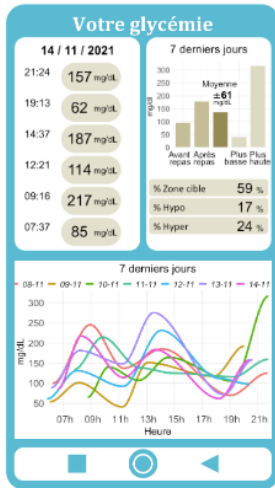




Evaluation d'interface

Répondez aux questions suivantes concernant l'interface affichée ci-dessous.

Interface 2



Quel est votre niveau de plaisir lorsque vous consultez ces données ?

Négatif
paniqué(e)
imité(e)
peiné(e)
ennuyé(e)

Positif
joyeux(se)
ravi(e)
confiant(e)
relaxé(e)

Quel est votre niveau d'intensité émotionnelle lorsque vous consultez ces données ?

Faible
détendu(e)
relaxé(e)
indifférent(e)
blasé(e)

Forte
excité(e)
euphorique
agité(e)
effrayé(e)

Pas du tout d'accord **Pas d'accord** **Neutre** **D'accord** **Tout à fait d'accord**

Les données de glycémie sont faciles à lire et à comprendre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cette représentation est visuellement plaisante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cette représentation répond à mes besoins	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cette représentation me donne confiance	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
En général, je suis satisfait(e) par cette représentation des données	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je pourrais recommander cette représentation pour une application	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
J'utiliserais l'application avec cette représentation des données	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Suivant

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes - Ecole Centrale de Nantes
1 rue de la Noë, 44300 Nantes - Chloe.Lourdais@LS2N.fr



Fin ...

Cette expérience est maintenant terminée ...

Merci pour votre participation !

N'hésitez pas à nous faire parvenir ici tous les commentaires ou les remarques sur l'expérimentation que vous venez d'effectuer.

Terminer

Titre : Optimisation d'une interface numérique de santé à distance pour une meilleure expérience-patient

Mots clés : Santé à distance, Interface-patient, Données de santé, Expérience émotionnelle, Conception centrée-patient, Algorithme Génétique Interactif.

Résumé : Les services de santé à distance, dans un cadre médical ou de bien-être, sont actuellement en pleine croissance, soulevant de nouveaux challenges. De par l'utilisation d'interfaces numériques de santé (applications, objets connectés ou sites Internet), ces services s'intègrent de plus en plus dans la vie quotidienne des patients, à domicile et sans soutien médical, faisant évoluer l'exercice de consultation de leurs données de santé.

Ce travail de recherche étudie l'impact émotionnel de la consultation de données personnelles sensibles et vise à améliorer l'expérience-patient dans l'utilisation des interfaces de santé.

Une première expérimentation a permis d'évaluer les réponses émotionnelles à la consultation des données de santé. Les résultats soulèvent des impacts sur le stress perçu, la durée de la consultation et l'activité cardiaque des

participants, montrant la nécessité de considérer les émotions dans la conception des outils de santé à distance.

Une méthode de conception centrée-patient d'une interface de santé est ensuite proposée. Elle comprend : une comparaison culturelle des outils existants, une enquête sur les expériences et préférences des patients, et une expérimentation basée sur un algorithme génétique interactif visant à optimiser le design de l'interface pour améliorer la satisfaction-patient. La représentation des données de glycémie sur une application de diabète est utilisée comme un cas d'application. Les résultats soulèvent l'intérêt de l'optimisation des interfaces de santé pour améliorer l'expérience-patient et encourager des comportements sains. La personnalisation de ces interfaces pour répondre aux besoins de chacun est aussi suggérée.

Title: Optimization of a digital interface for remote medical monitoring to improve the patient experience

Keywords: Remote health monitoring, Patient health interface, Health data, Emotional experience, Patient-centered design, Interactive Genetic Algorithm.

Abstract: Remote health services, in a medical or well-being context, are currently growing rapidly, raising new challenges. Through the use of digital health interfaces (apps, connected devices or websites), these services are increasingly integrated into the daily lives of patients, at home and without medical support, changing the way they consult their health data.

This research work investigates the emotional impact of the consultation of sensitive personal data and aims at improving the patient experience in the use of health interfaces.

A first experiment assessed emotional responses to the consultation of health data. The results showed the impacts on the perceived stress, the duration of the data consultation and

the cardiac activity of the participants, suggesting the need to consider emotions in the design of remote health tools.

A patient-centered design method of a health interface is then proposed. It includes: a cultural comparison of existing tools, a survey on patients' experiences and preferences, and an experiment based on an Interactive Genetic Algorithm optimizing the interface design to improve patient satisfaction. The representation of blood sugar data on a diabetes app is used as an application case. The results show the interest of optimizing health interface to improve patient experience and encourage healthy behaviors. Customization of these interfaces to meet individual needs is also suggested.