



HAL
open science

Interactions Humain-Machine Adaptées à la Personnalité des Utilisateurs : Application de Motivation à l'Activité Physique

David Rei

► **To cite this version:**

David Rei. Interactions Humain-Machine Adaptées à la Personnalité des Utilisateurs : Application de Motivation à l'Activité Physique. Informatique. Université Paris-Saclay, 2024. Français. NNT : 2024UPASG012 . tel-04538519v2

HAL Id: tel-04538519

<https://hal.science/tel-04538519v2>

Submitted on 11 Apr 2024

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.

Interactions Humain-Machine Adaptées à la Personnalité des Utilisateurs : Application de Motivation à l'Activité Physique

*Human-Machine Interactions Adapted to
the Personality of Users :
Application of Motivation to Physical Activity*

Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay

École doctorale n°580 :
Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)
Spécialité de doctorat : Informatique
Graduate School : Informatique et Sciences du Numérique.
Réfèrent : Faculté des Sciences d'Orsay

Thèse préparée dans l'unité de recherche **Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences
du Numérique (Université Paris-Saclay, CNRS)**, sous la direction de **Jean-Claude
MARTIN**, Professeur des Universités, les co-encadrements de **Céline CLAVEL**, Maîtresse
de conférences, et **Brian RAVENET**, Maître de conférences

Thèse soutenue à Paris-Saclay, le 25 mars 2024, par

David REI

Composition du jury

Membres du jury avec voix délibérative

Élise LAVOUÉ Professeure des Universités, Université Jean-Moulin- Lyon-III	Présidente
Christophe KOLSKI Professeur des Universités, Université Polytechnique Hauts-de-France	Rapporteur & Examineur
Elena MUGELLINI Professeure des Universités, Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg	Rapporteuse & Examinatrice
Xavier SANCHEZ Professeur des Universités, Université d'Orléans et Uni- versité Paris-Saclay	Examineur

Titre : Interactions Humain-Machine Adaptées à la Personnalité des Utilisateurs : Application de Motivation à l'Activité Physique

Mots clés : Interaction Humain-Machine, interaction mobile, adaptation, motivation, marche, IHM adaptatives, psychologie, ludification

Résumé : L'activité physique est un moyen reconnu de prévention des maladies non transmissibles. Elle a un impact positif sur la santé et le bien-être si elle est réalisée régulièrement, avec un seuil minimal d'activité. Le manque d'activité physique est une problématique de santé publique connue et documentée depuis longtemps, avec une importance sociétale forte, accentuée ces dernières années avec la crise liée au Covid-19. Il est donc nécessaire de motiver les gens à pratiquer des activités physiques accessibles et faciles à mettre en oeuvre, telle que la marche à pied. De nombreuses interventions de marche avec des dispositifs de suivi, tels que les podomètres ou les téléphones mobiles, ont entraîné une augmentation de l'activité physique, mais seulement à court terme, et les effets positifs de ces interventions s'estompent rapidement. Au-delà de l'effet de nouveauté d'un dispositif ou d'une application mobile, ce sont le manque de personnalisation et d'adaptation à l'utilisateur qui semblent diminuer les effets à plus long terme des interventions de marche.

Dans cette thèse, nous proposons un nouveau modèle d'interactions humain-machine adaptatives pour la motivation à la marche sur mobile. Ce modèle s'inspire de deux théories de psychologie en particulier : la théorie de l'auto-détermination, qui décrit trois besoins fondamentaux à satisfaire pour atteindre un état de motivation et de bien-être, et la théorie de l'orientation régulatrice, qui décrit les stratégies d'action des individus en fonction du contexte, de leur objectif et de la manière de l'atteindre. Notre modèle prend également en compte l'activité des uti-

lisateurs afin de leur offrir des interactions motivationnelles adaptées à leur profil.

Nous avons implémenté ce modèle dans une application mobile Android et nous avons évalué son efficacité en termes de performances de marche et de motivation par trois études longitudinales sur le terrain et une étude de conception. La première étude a mis en oeuvre la dimension d'adaptation d'un objectif quotidien de marche aux performances de l'utilisateur. Les résultats ont montré une hausse de la marche à court terme, puis une diminution de l'utilisation de l'application et des performances des utilisateurs. La deuxième étude a ajouté la dimension d'adaptation de messages motivationnels. Les messages motivationnels étaient adaptés au profil d'orientation régulatrice des utilisateurs. Les résultats étaient encourageants, notamment concernant la diminution de l'amo-tivation des utilisateurs, mais nous avons de nouveau constaté une baisse de l'utilisation de l'application à plus long terme. La troisième étude avait pour but d'évaluer la dimension d'adaptation de la ludification de notre modèle, remplaçant les messages motivationnels. Notre ludification tient compte à la fois de la théorie de l'auto-détermination et de la théorie de l'orientation régulatrice pour proposer une interaction adaptée au profil de l'utilisateur.

Nous revenons sur les forces et faiblesses de nos contributions et nous proposons des perspectives sur l'utilisation conjointe de ces deux théories pour concevoir des interactions humain-machine sur téléphone mobile visant la motivation à la marche.

Title : Human-Machine Interactions Adapted to the Personality of Users : Application of Motivation to Physical Activity

Keywords : Human Computer Interaction, mobile interaction, adaptation, motivation, walking, adaptive HCI, psychology, gamification

Abstract : Physical activity is a recognized means of preventing non-communicable diseases. It has a positive impact on health and well-being if carried out regularly, with a minimum level of activity. Lack of physical activity has long been recognized and documented as a public health problem, and is of major societal importance, accentuated in recent years by the Covid-19 crisis. It is therefore necessary to motivate people to take part in physical activities that are accessible and easy to implement, such as walking. Many walking interventions with tracking devices, such as pedometers or smartphones, have led to an increase in physical activity, but only in the short term, and the positive effects of these interventions quickly fade. Beyond the novelty effect of a device or mobile application, it is the lack of personalisation and adaptation to the user that seem to diminish the longer-term effects of walking interventions.

In this thesis, we propose a new model of adaptive human-machine interactions for mobile walking motivation. This model is inspired by two psychology theories in particular : the self-determination theory, which describes three fundamental needs to be satisfied in order to achieve motivation and well-being, and the regulatory focus theory, which describes individuals' action strategies depending on the context, their goal and how to

achieve it. Our model also takes into account users' activity, so as to offer them motivational interactions adapted to their profile.

We implemented this model in an Android mobile application and evaluated its effectiveness in terms of walking performance and motivation through three longitudinal field studies and a design study. The first field study implemented the dimension of adapting a daily walking goal to the user's performance. Results showed an increase in short-term walking, followed by a decrease in application use and user performance. The second field study added the dimension of adapting motivational messages. The motivational messages were adapted to the users' regulatory focus profile. The results were encouraging, particularly with regard to the reduction in user amotivation, but we again noted a decline in application use over the longer term. The third field study was designed to evaluate the adaptation dimension of the gamification of our model, replacing the motivational messages. Our gamification takes into account both the self-determination theory and the regulatory focus theory to propose an interaction adapted to the user's profile.

We look back at the strengths and weaknesses of our contributions, and offer some perspectives on the joint use of these two theories to motivate walking on smartphones.

REMERCIEMENTS

Malgré tout ce qu'on peut dire et tout ce qu'on dit, la thèse est avant tout un travail d'équipes, et ce sont ces équipes qui m'ont permis d'arriver ici aujourd'hui après cinq ans de thèse. Si je suis maintenant docteur en informatique, c'est grâce aux femmes et hommes que je remercie maintenant.

Mes premiers remerciements vont aux membres de mon jury, Élise Lavoué, Christophe Kolski, Elena Mugellini et Xavier Sanchez. Merci aux rapporteurs d'avoir lu avec attention ce travail pluridisciplinaire, et merci à tous les membres du jury pour leurs questions et leurs remarques lors de la soutenance - ces échanges furent intéressants et précieux pour la suite de nos travaux.

Un merci chaleureux à mon directeur de thèse Jean-Claude Martin, et à mes deux co-encadrants Céline Clavel et Brian Ravenet. A tous trois, merci de m'avoir fait confiance pendant ce long voyage, même quand je n'y croyais plus, malgré mon retard, mes problèmes de santé, mon entêtement, et tout le reste. Vous avez mis en place un cadre de travail rigoureux où la discussion est toujours possible et où "l'atmosphère chaleureuse et de confiance a contribué à m'intégrer" dans le groupe CPU. Le groupe CPU a beaucoup évolué en cinq ans, et des non permanents présents à mon arrivée, je suis le dernier. Merci à Delphine, Alya, David, Léo, Renaud, Morghane et Jérémy pour leur accueil à mes débuts, pour m'avoir admis directement dans le groupe et inclus aux activités (café, goûter et autres pauses de doctorants). Un merci particulier à Delphine, sudiste expatriée également, qui m'a régalié de ses aventures de construction des mois durant (tu l'as eu ce mur, finalement!). L'équipe actuelle est tout aussi enthousiaste et agréable, et je remercie Florian, Jennifer, Jean-Baptiste, Gabriela, Alexis, Benoît, Pierre-Adams de partager mon quotidien au labo!

Entre le début et la fin, il y a un milieu, des gens arrivent, puis partent vers d'autres horizons, et c'est avec émotion que je pense aussi à Amine, Séverine, Valentin, Émilie, et à tous les stagiaires d'hier et d'aujourd'hui qui font aussi la vie du groupe et du labo. A part la thèse et le travail de recherche, ce sont le cesfo, le café, les goûters, les bars, les séminaires, les tours de table, les expés, les soutenances... qui ont animé mes journées au labo pendant cinq ans. Je remercie aussi les membres permanents du groupe pour leur soutien, leur discussion, leur avis et leurs remarques tout au long de ce périple, et en particulier Nicolas, Élise, Virginie et Vincent.

Au laboratoire, ma recherche a été rendue possible aussi par l'interac-

tion entre les équipes, et je pense notamment aux équipes "support à la recherche" aux noms évocateurs et familiers : GRAPH pour m'avoir permis de partir en mission et en conférence, SAMI pour tout ce qui touche à l'informatique et aux mots fléchés, SMILE pour le sourire, les mots fléchés et la logistique, et la direction du labo pour m'avoir fait confiance dans ma capacité à finalement terminer mon doctorat.

Beaucoup de choses se sont passées en cinq ans, et d'avance, je m'excuse pour toutes les personnes qui ne se trouvent pas ici, la liste est loin d'être exhaustive!

Sur le plan personnel, je remercie mes amis de lycée, Anis, Quentin et Jayson, non seulement pour m'avoir motivé et encouragé depuis le début, et surtout pour être venu voir le résultat de ce travail. Je remercie aussi mes parents et mon frère Filip, pour leur soutien, leur disponibilité, leur écoute quand j'étais enthousiaste ou déprimé, énergique ou épuisé, toujours prêts à me remettre sur les rails. Et enfin, je te remercie, Amina, de ta patience, de ton amour, de ta disponibilité, de ton soutien, de ton écoute et de tes nombreux commentaires, jusqu'à la fin. Ton énergie infinie m'a tenu en place et m'a rendu suffisamment costaud pour la thèse et la suite de notre aventure à deux.

Sommaire

I	INTRODUCTION, ÉTAT DE L'ART ET PROBLÉMATIQUE	1
1	Introduction	3
1.1	Contexte	3
1.2	Objectifs de la thèse et définition du sujet	4
1.3	Problématique générale	5
1.4	Organisation du manuscrit	6
2	État de l'art général	9
2.1	Psychologie de la Personnalité et de la Motivation	9
2.1.1	Personnalité	9
2.1.2	Motivation	14
2.1.3	Résumé de l'état de l'art en Psychologie	17
2.2	IHM Adaptative	18
2.2.1	Quelques définitions	19
2.2.2	Adaptation de l'interaction	21
2.2.3	IHM Adaptatives et Activité Physique	26
2.2.4	Résumé de l'état de l'art en IHM Adaptative	27
3	Problématique	29
3.1	Synthèse de l'état de l'art général	29
3.2	Formulation de la problématique de recherche	31
3.3	Approche et méthode proposée	32
II	CONTRIBUTIONS SCIENTIFIQUES	35
4	Adaptation de l'objectif quotidien de marche	39
4.1	Etat de l'art sur l'activité physique et la marche	39
4.1.1	Santé, marche et technologies	39
4.1.2	La définition d'un objectif	40
4.1.3	Adaptation d'un objectif en nombre de pas	41
4.1.4	Résumé de l'état de l'art sur l'activité physique et la marche	42
4.2	Modèle PADME : dimension "adaptation de l'objectif quotidien de marche"	43
4.2.1	Le choix de la plateforme	43
4.2.2	Le profil de l'utilisateur	44
4.2.3	Le fonctionnement en arrière-plan	46
4.2.4	L'interface graphique	49

4.2.5	Le serveur distant	51
4.2.6	Résumé de la dimension "adaptation d'un objectif quotidien de marche"	52
4.3	Etude n°1 : Adaptation dynamique d'un objectif en nombre de pas	53
4.3.1	Contexte et intérêt de l'étude	53
4.3.2	Hypothèses	53
4.3.3	Méthode	54
4.3.4	Résultats	59
4.3.5	Discussion	66
4.4	Résumé du chapitre "Adaptation de l'objectif quotidien de marche"	67
5	Adaptation de messages motivationnels	71
5.1	État de l'art sur les messages motivationnels pour la marche	72
5.1.1	Cadrer un message	72
5.1.2	Motiver à l'activité physique et à la marche par des messages textuels	73
5.1.3	Un cadre de conception spécifique pour la génération de messages	75
5.1.4	Résumé de l'état de l'art sur les messages motivationnels pour la marche	80
5.2	Modèle PADME : dimension "adaptation de messages motivationnels"	81
5.2.1	La génération des messages motivationnels orientés	82
5.2.2	L'arbre du temps ou "quand envoyer un message?"	86
5.2.3	Mise à jour de l'interface graphique	93
5.2.4	Génération et mode de transmission	95
5.2.5	Résumé de la dimension "adaptation de messages motivationnels"	98
5.3	Étude n°2 : Adaptation de messages motivationnels	100
5.3.1	Contexte et intérêt de l'étude	100
5.3.2	Hypothèses	100
5.3.3	Méthode	101
5.3.4	Résultats	105
5.3.5	Discussion	116
5.4	Étude de conception : textes pour motiver à marcher	118
5.4.1	Hypothèses	118
5.4.2	Méthode	118
5.4.3	Premières analyses et résultats	120
5.4.4	Deuxièmes analyses et résultats	127
5.4.5	Discussion	134
5.5	Résumé du chapitre "Adaptation de messages motivationnels"	135
6	Adaptation de la ludification de la marche	139
6.1	Etat de l'art sur la ludification	139
6.1.1	En général	139
6.1.2	La ludification pour l'activité physique et la marche	142
6.1.3	TAD, ludification et marche à pied	143
6.1.4	TOR, ludification et marche à pied	144
6.1.5	Résumé de l'état de l'art sur la ludification	144

6.2	Modèle PADME : dimension "adaptation de la ludification"	145
6.2.1	Ludifier la marche à pied	146
6.2.2	La marche ludifiée avec PADME	148
6.2.3	Résumé de la dimension "adaptation de la ludification"	169
6.3	Etude n°3 : Ludification pour la motivation à la marche	170
6.3.1	Contexte et intérêt de l'étude	170
6.3.2	Hypothèses	170
6.3.3	Méthode	171
6.3.4	Premiers résultats	175
6.3.5	Filtrer les utilisateurs : seconds résultats	184
6.3.6	Résumé global des résultats de l'étude	189
6.3.7	Discussion	189
6.4	Etude de conception : images pour motiver à marcher	191
6.4.1	Méthode	192
6.4.2	Hypothèses	195
6.4.3	Résultats	195
6.4.4	Discussion	198
6.5	Résumé du chapitre "Adaptation de la ludification de la marche"	199

III RÉFLEXIONS ET PERSPECTIVES 201

7 Retour sur les contributions 205

7.1	Adaptation d'un objectif quotidien de marche	205
7.2	Adaptation de messages motivationnels	208
7.3	Adaptation de la ludification de la marche	210
7.4	Remarques générales	212
7.4.1	Les outils	212
7.4.2	Les études longitudinales sur le terrain	213
7.5	Résumé du chapitre "Retour sur les contributions"	215

8 Perspectives et conclusion 217

8.1	Perspectives	217
8.1.1	Approche méthodologique	217
8.1.2	Psychologie de la motivation et de la personnalité	218
8.1.3	Apprentissage automatique	219
8.1.4	Cadre de conception	219
8.1.5	Adhérence	220
8.2	Conclusion	221

IV ANNEXES 223

A Liste des publications et communications 225

A.1	Publications	225
A.2	Communications	225
B	Résultats d'études	227
B.1	Étude n°1 : Adaptation dynamique d'un objectif en nombre de pas	227
B.2	Étude n°2 : Adaptation de messages motivationnels	228
B.3	Étude de conception : images et textes pour motiver à marcher	232
C	Liste des messages motivationnels de PADME, chapitre 5	239
C.1	Message à T1	239
C.1.1	Encouragements	239
C.2	Messages à T1.5	240
C.3	Messages à T2 et T3	240
C.4	Messages à T4	241
D	Liste des messages motivationnels de l'étude de conception	243
D.1	Encouragements	243
D.2	Relâchements	244
D.3	Objectif atteint	244
E	Schémas	245
F	Questionnaires soumis aux participants	249
F.1	Échelle des Orientations Régulatrices dans l'Activité Physique (EORAP [87])	249
F.2	Échelle de Motivation pour l'Activité Physique à des fins de Santé (ÉMAPS [20])	249
F.3	Échelle d'Utilisabilité du Système, version française (F-SUS [61])	252
F.4	Questionnaire International d'Activité Physique (IPAQ [34])	252
F.5	Questionnaire Hexad [137]	255
F.6	Questionnaire de Persuasion Perçue (PPQ [77])	258
G	Avis du CER PS	261
G.1	Avis du CER PS numéro CER-Paris-Saclay-2021-093	261
G.2	Avis du CER PS numéro CER-Paris-Saclay-2021-002	263

Liste des tableaux

2.1	Caractéristiques des stratégies promotion et prévention, selon la TOR (adapté de [138]).	12
4.1	Détail des scores promotion et prévention des participants de l'étude 1, avec l'OR retenue, pour chaque participant.	60
4.2	Répartition des participants dans les conditions expérimentales et selon leur OR. Les nombres entre parenthèses indiquent les données manquantes.	60
4.3	Score d'AP avant et après l'étude, selon la condition.	61
4.4	Résultats significatifs des ANOVAs à mesures répétées. "GG" indique que la correction de Greenhouse-Geisser a été appliquée, suite au résultat du test de Mauchly.	65
5.1	Détail des scores promotion et prévention des participants de l'étude 2, avec l'OR retenue, pour chaque participant.	106
5.2	Répartition des participants dans les conditions expérimentales de l'étude 2 et selon leur OR.	107
5.3	Score d'AP avant et après l'étude 2, selon la condition.	107
5.4	Résultats des ANOVAs du score d'AP, du niveau de régulation externe et de l'amotivation.	109
5.5	Résultats des ANOVAs à deux facteurs sur certaines dimensions du PPQ.	110
5.6	Résultats significatifs des ANOVAs à mesures répétées sur la progression en nombre de pas et le nombre de connexions à l'application. GG indique que la correction de Greenhouse-Geisser fut appliquée.	112
5.7	Progression selon les semaines, pour chaque condition.	113
5.8	Notes moyennes des messages cadrés promotion pour les participants d'OR neutre (N), prévention (PRE), promotion (PRO), et tous. Les notes supérieures à 5 sur 10 sont en gras.	121
5.9	Analyse de corrélation pour les messages cadrés promotion. Les corrélations significatives sont en gras ($p < 0.05$).	122
5.10	Notes moyennes des messages cadrés prévention pour les participants d'OR neutre (N), prévention (PRE), promotion (PRO), et tous. Les notes supérieures à 5 sur 10 sont en gras.	124
5.11	Analyse de corrélation pour les messages cadrés prévention. Les corrélations significatives sont en gras ($p < 0.05$).	125
5.12	Notes moyennes des messages non cadrés pour les participants d'OR neutre (N), prévention (PRE), promotion (PRO), et tous. Les notes supérieures à 5 sur 10 sont en gras.	126
5.13	Analyse de corrélation pour les messages neutres. Les corrélations significatives sont en gras ($p < 0.05$).	127
5.14	Coefficients des quatre facteurs issus de l'EFA parallèle.	128
5.15	Groupe "atteindre l'objectif". Notes moyennes et analyse de corrélation entre les notes des messages et les scores promotion et prévention. En gras, les corrélations significatives ($p < 0.05$). N = OR neutre, PRO = OR promotion, PRE = OR prévention.	131

5.16	Groupe "réussir ou éviter d'échouer". Notes moyennes et analyse de corrélation entre les notes des messages et les scores promotion et prévention. En gras, les corrélations significatives ($p < 0.05$).	132
5.17	Groupe "santé". Notes moyennes et analyse de corrélation entre les notes des messages et les scores promotion et prévention. En gras, les corrélations significatives ($p < 0.05$).	132
5.18	Groupe "relâchement". Notes moyennes et analyse de corrélation entre les notes des messages et les scores promotion et prévention.	133
5.19	Résumé des ANOVAs à mesures répétées sur les quatre groupes de messages.	133
6.1	Scores moyens et proportions d'apparition des profils Hexad parmi les participants de l'étude sur les messages motivationnels du chapitre 5. Le profil dominant d'un utilisateur est le profil ayant le score le plus élevé.	146
6.2	Caractéristiques des défis de marche de PADME.	157
6.3	Badges implémentés dans l'application PADME.	160
6.4	Exemple d'un historique de cinq jours pour trois types d'activité d'utilisateurs.	164
6.5	Évolution des trois premiers niveaux du badge Marcheur, pour l'historique donné en exemple dans le tableau 6.4.	164
6.6	Éléments de jeu liant la TOR à la ludification pour PADME, d'après le cadre de travail de Halifax [64].	169
6.7	Détail des scores promotion et prévention des participants de l'étude 3, avec l'OR retenue, pour chaque participant.	176
6.8	Répartition des participants dans les conditions expérimentales et selon leur OR.	177
6.9	Score d'AP avant et après l'étude 3, selon la condition.	178
6.10	Motivation intrinsèque avant et après l'étude 3, selon la condition et l'OR.	179
6.11	Niveau d'amotivation avant et après l'étude 3, selon la condition.	180
6.12	Progression hebdomadaire en nombre de pas de l'étude 3, selon la condition.	183
6.13	Répartition des participants dans les conditions expérimentales et selon leur OR.	184
6.14	Résultats significatifs des ANOVAs à mesures répétées sur la motivation intrinsèque et les objectifs cumulés à la semaine. GG indique que la correction de Greenhouse-Geisser fut appliquée.	188
6.15	Résultats significatifs des tests de Student indépendants sur le soutien social (PPQ) et le score général du questionnaire sur les éléments de jeu de PADME.	188
6.16	Résumé des analyses de l'étude sur la ludification. Légende : A : condition adaptée, C : condition contrôle, Pro : OR promotion, Pré : OR prévention. Les participants actifs sont ceux s'étant connectés au moins 16 jours à l'application.	189
6.17	Notes moyennes selon l'OR des participants pour chaque badge, version et cadrage. Les notes en gras sont celles qui dépassent la moyenne de 5/10. Légende : N = neutre, PRE = prévention, PRO = promotion.	196
6.18	Résultats significatifs de l'ANOVA à mesures répétées à deux facteurs.	197
B.1	Résultats des ANOVAs à mesures répétées sur les données comportementales.	227
B.2	Résultats des ANOVAs à mesures répétées sur les réponses aux questionnaires.	228

B.3	Résultats des ANOVAs à mesures répétées sur les données comportementales.	228
B.4	Résultats des ANOVAs à deux facteurs sur les données comportementales.	229
B.5	Résultats des ANOVAs à mesures répétées sur les réponses aux questionnaires IPAQ et EMAPS.	229
B.6	Résultats des ANOVAs à deux facteurs sur les réponses au questionnaire PPQ.	230
B.7	Scores normalisés issus du questionnaire Hexad. P = Philantrope, S = Socialisateur, EL = Esprit Libre, A = Accomplisseur, D = Disrupteur, J = Joueur	231
B.8	Détail des scores promotion et prévention des participants de l'étude de conception, avec l'OR retenue, pour chaque participant.	232

Liste des figures

2.1	Continuum de la motivation selon la TAD. Adapté de [127].	14
2.2	Exemple d'un modèle utilisateur.	20
2.3	Modèle ISATINE de Lopez-Jaquero <i>et al.</i> [95]. Adaptation libre.	22
2.4	Modèle PDA-LPA de Bouzit <i>et al.</i> [21]. Adaptation libre.	23
3.1	Illustration de notre processus de recherche itératif, de l'état de l'art à la discussion des résultats.	32
4.1	Modèle PADME. En rouge, le profil de l'utilisateur, en bleu les données de l'application et les performances, en marron le moteur d'adaptation et les composants adaptés. . .	44
4.2	Fonctionnement de l'algorithme du centile dans l'application PADME. Dans chaque case figure le nombre de pas réalisés durant une journée donnée. L'axe horizontal est celui du temps.	48
4.3	Captures d'écran de l'application PADME pour Android : à gauche : l'écran d'accueil ; au milieu : l'écran de l'historique des nombres de pas de chaque jour ; à droite : le questionnaire quotidien optionnel.	50
4.4	Architecture générale du système.	51
4.5	Schéma expérimental de l'étude "Adaptation dynamique d'un objectif en nombre de pas"	57
4.6	Évolution de la motivation intrinsèque entre T1 et T4.	63
4.7	Évolution de l'écart à l'objectif, par semaine, entre T1 et T4.	64
5.1	Les propriétés générales de chaque message motivationnel selon le cadre de travail d'op den Akker <i>et al.</i> [6].	76
5.2	Propriété "moment" du cadre de travail d'op den Akker [6].	77
5.3	Propriété "intention" du cadre de travail d'op den Akker [6].	78
5.4	Propriété "contenu" du cadre de travail d'op den Akker [6].	79
5.5	Propriété "représentation" du cadre de travail d'op den Akker [6].	79
5.6	Modèle PADME mis à jour. En rouge, le profil de l'utilisateur, en bleu les données de l'application et les performances, en marron le moteur d'adaptation et les composants adaptés.	82
5.7	Propriété "moment" des messages motivationnels de PADME. Adapté de op den Akker <i>et al.</i> [6]. En rouge, les exemples possibles mais non implémentés dans le modèle. En vert, les exemples possibles et implémentés dans le modèle.	83
5.8	Propriété "intention" des messages motivationnels de PADME. Adapté de op den Akker <i>et al.</i> [6].	84
5.9	Propriété "contenu" des messages motivationnels de PADME. Adapté de op den Akker <i>et al.</i> [6]. En vert, les exemples possibles et implémentés dans le modèle.	85

5.10	Propriété "représentation" des messages motivationnels de PADME. Adapté de op den Akker <i>et al.</i> [6]. En rouge, les exemples possibles mais non implémentés dans le modèle. En vert, les exemples possibles et implémentés dans le modèle.	86
5.11	Arbre du temps pour les participants d'OR neutre.	89
5.12	T1 : message du début de journée	89
5.13	Message de rappel à T1.5	90
5.14	Evaluation et décision à T2 - Profil "prévention"	90
5.15	Evaluation et décision à T2 - Profil "promotion"	91
5.16	Evaluation et décision à T3 - Profil "prévention"	92
5.17	Evaluation et décision à T3 - Profil "promotion"	92
5.18	Message de fin de journée à T4.	93
5.19	Interaction pour révéler l'objectif quotidien à l'utilisateur. L'utilisateur doit faire glisser son doigt de gauche à droite pour dévoiler l'objectif quotidien. L'interaction se réinitialise en début de journée.	94
5.20	Historique des messages. Les messages au contour vert ont été validés par l'utilisateur sur l'écran d'accueil. Les messages au contour noir ne l'ont pas été.	96
5.21	Le questionnaire quotidien, optionnel, de la deuxième version de PADME.	97
5.22	Schéma expérimental de l'étude "Adaptation de messages motivationnels".	104
6.1	Écran principal de PADME. De gauche à droite : version promotion (orange), version neutre (violette), version prévention (rouge). Les différences entre les versions sont encadrées en vert pour illustration, les encadrés verts ne figurent pas sur l'application. . .	150
6.2	Icônes de l'écran principal de PADME. De haut en bas : version promotion, version neutre, version prévention. De gauche à droite : profil, tutoriel, historique, à propos. .	150
6.3	Jauges du Score Santé de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.	151
6.4	Détails des étoiles sur la jauge de Score Santé, selon le profil d'OR.	151
6.5	Écran de profil de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.	153
6.6	Écran de l'historique de PADME, en version neutre. Nb signifie nombre. Le nombre de pas est écrit en vert lorsqu'il dépasse l'objectif quotidien (par exemple, la ligne du 17 mai 2023).	154
6.7	Jauges du Score Santé de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.	156
6.8	Écran de choix d'un défi. Le défi en turquoise est sélectionné par défaut à l'ouverture de l'écran.	158
6.9	Affichage des défis sur l'écran principal. De gauche à droite : version promotion (orange), version neutre (violette), version prévention (rouge).	159
6.10	Première page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.	165
6.11	Deuxième page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.	166

6.12	Troisième page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.	167
6.13	Quatrième page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.	167
6.14	Cinquième page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.	168
6.15	Sixième page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.	168
6.16	Schéma expérimental de l'étude "Adaptation de la ludification de la marche".	173
6.17	Notes moyennes du construit TASK du PPQ, selon la condition et l'OR des participants.	181
6.18	Évolution des objectifs cumulés à la semaine en nombre de pas, selon la condition expérimentale.	187
6.19	Badges de niveau 0. De gauche à droite : Accomplisseur, Challenger, Marcheur.	192
6.20	Évolution "base" du badge "Accomplisseur".	193
6.21	Évolution "pleine" du badge "Accomplisseur".	193
6.22	Évolution "segment" du badge "Accomplisseur".	194
6.23	Évolution "pleine", version promotion du badge "Challenger".	194
6.24	Évolution "base", version promotion du badge "Marcheur".	194
7.1	Modèle PADME. En rouge, le profil de l'utilisateur, en bleu les données de l'application et les performances, en marron le moteur d'adaptation et les composants adaptés.	206
E.1	Schéma complet du modèle de génération de messages motivationnels cadrés de PADME.	246
E.2	Arbre du temps complet pour les profils prévention.	247
E.3	Arbre du temps complet pour les profils promotion.	248

Première partie

INTRODUCTION, ÉTAT DE L'ART ET PROBLÉMATIQUE

CHAPITRE 1 - Introduction

1.1. Contexte

La marche à pied est une activité que nous faisons naturellement, dès le plus jeune âge et tout au long de la vie. Nous marchons pour nous déplacer, pour travailler, pour nos loisirs. Nous marchons à pied car c'est le mode de transport dont nous sommes naturellement pourvus : il est peu cher, accessible au plus grand nombre, réalisable par tous temps et tous terrains et il ne nécessite pas de matériel spécifique, en dehors d'une paire de chaussures, dont nous sommes généralement pourvus. La marche à pied est régulièrement citée dans les recommandations d'activité physique régulière [69, 76, 115].

Pourtant, la pratique de l'activité physique est une problématique de santé publique, connue et documentée [98, 115], avec une importance sociétale forte, et notamment depuis la crise liée à la Covid-19 [62]. D'après l'Anses, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, **95%** de la population française (âgée de 18 à 64 ans) manque d'activité physique et est trop sédentaire [98], alors même que l'activité physique est un moyen reconnu de prévention des maladies non transmissibles [76, 111]. L'activité physique a un impact positif sur la santé et le bien-être si elle est réalisée régulièrement avec un seuil minimal d'activité [115]. La marche à pied est un exemple d'activité physique régulièrement citée dans les recommandations de l'Anses, de l'OMS, de l'INSERM, recommandations supportées par de nombreuses études documentant les bienfaits de la marche à pied pour le bien-être et la santé des individus [25, 68, 76, 98, 115].

De fait, il y a une opposition entre d'une part une activité, la marche à pied, naturelle, accessible et facile à mettre en œuvre au quotidien, et d'autre part, un manque d'activité physique régulière observé dans la majeure partie de la population. Il peut exister de nombreuses explications au manque d'activité physique et au manque de marche, mais la littérature semble se concentrer sur une raison en particulier : il est nécessaire de motiver les individus à pratiquer des activités physiques et à marcher [68, 111, 116, 139]. Pour motiver les individus à la marche, il existe différentes techniques d'accompagnement : par exemple définir un objectif précis à atteindre [22], ou proposer un retour d'information sur la marche effectuée par le biais d'un dispositif de suivi, tel qu'un téléphone mobile [28].

Ces techniques et ces technologies s'insèrent dans une discipline de re-

cherche : l'Interaction Humain-Machine (IHM). L'IHM est "*concernée par la conception, l'évaluation et l'implémentation de systèmes informatiques interactifs, à des fins d'utilisation par un ou plusieurs humains, ainsi que l'étude des phénomènes qui entourent ces systèmes*" [70]. De nos jours, les systèmes informatiques interactifs les plus courants sont les ordinateurs et les mobiles multifonctions, ces derniers étant même depuis quelques années le principal appareil utilisé pour se connecter à Internet en France [35]. L'IHM par définition et les mobiles multifonctions permettent de concevoir et de développer des outils pour un grand nombre d'utilisateurs directement sur un appareil personnel, et donc toujours accessible.

Cependant, même si leur utilisation est en augmentation depuis quelques années [108], les mobiles multifonctions peinent à rivaliser avec des dispositifs plus anciens comme les podomètres [28] et à s'imposer comme outil indispensable de la motivation à la marche. Dans le même temps, il existe une multitude d'applications de suivi et de coaching de l'activité physique pour les téléphones mobiles, sans que toutefois leur efficacité soit clairement démontrée [104]. Cette opposition peut s'expliquer d'une part par la volonté de la recherche à proposer des interactions motivationnelles pour la marche, basées sur des théories de la motivation. D'autre part, les applications grand public se ressemblent et manquent à la fois d'adaptation aux profils des utilisateurs et de définition claire des bases théoriques utilisées pour proposer leur modèle de motivation [143].

Il semble donc qu'il y ait plusieurs sujets entrecroisés : d'un côté une majeure partie de la population n'est pas suffisamment active, de l'autre la marche est une activité physique accessible et facile à mettre en œuvre [132]. D'un côté les interventions de marche proposent des modèles théoriques reconnus et efficaces, de l'autre des centaines voire des milliers d'applications de suivi et de coaching manquent de bases théoriques explicites. D'un côté nous avons accès à des mobiles multifonctions dans nos poches, de l'autre les interventions de marche peinent à se les approprier pour s'adapter aux utilisateurs et tenir compte de leur profil. Chaque sujet sera exploré dans l'état de l'art de cette thèse.

1.2. Objectifs de la thèse et définition du sujet

Les sujets en opposition de la partie précédente définissent les deux objectifs principaux de nos travaux.

Le premier objectif est de proposer un nouveau modèle adaptatif d'IHM mobile qui tient compte des caractéristiques individuelles des utilisateurs ainsi que leur activité physique pour leur offrir des interactions motivationnelles

adaptées à leur profil. Ces interactions motivationnelles sont inspirées de théories de la Psychologie, expliquées plus en détails dans l'état de l'art général.

Le deuxième objectif de nos travaux est l'application de ce modèle au contexte de la marche pour évaluer son effet sur les utilisateurs, ce qui définit deux objectifs complémentaires : implémenter ce modèle dans une application pour mobiles multifonctions et évaluer ce modèle par des études longitudinales sur le terrain, au plus proche des utilisateurs, ce qui soulève des défis par rapport à des expérimentations se déroulant en une seule séance et/ou en laboratoire. Le format longitudinal permet d'étudier à différentes temporalités (au jour, à la semaine, au mois) l'évolution de la pratique de la marche des utilisateurs ainsi que de l'adaptation proposée par le modèle.

Le choix des mobiles multifonctions comme systèmes interactifs implémentant notre modèle d'interactions est aussi motivé par l'apparition, relativement récente, de la gestion individuelle et personnelle de la santé. Cette pratique consiste à mesurer, par l'intermédiaire de dispositifs portables par exemple, certaines grandeurs liées au quotidien, à l'activité physique, à l'alimentation, afin de surveiller soi-même sa santé et son bien-être [8]. Cette pratique s'inscrit particulièrement bien dans le contexte actuel d'utilisation et de propagation des mobiles, qui contribuent à l'amélioration de l'adaptation des activités physiques en général [76, 115].

Par nature, nos travaux sont pluridisciplinaires : fermement ancrés dans les IHM adaptatives, nous nous inspirons de théories de la Psychologie pour proposer un modèle d'interactions et son implémentation dans une application de motivation à la marche basés sur la personnalité des utilisateurs et s'adaptant à ces derniers.

1.3. Problématique générale

Les différents sujets abordés et les objectifs annoncés de nos travaux soulèvent plusieurs questions de recherche. Du point de vue de l'IHM, comment concevoir des interactions motivationnelles sur mobiles multifonctions ? Sur quelles caractéristiques des utilisateurs pouvons-nous baser l'adaptation de ces interactions ? Nous verrons dans le chapitre 4 que lorsque les interventions de marche proposent une adaptation, cette adaptation est souvent basée sur l'activité physique passée de l'utilisateur [1, 37, 119, 142]. Du point de vue de notre domaine applicatif, la marche à pied, quelles dimensions de cette activité et des interactions mobiles pouvons-nous adapter ? Comment motiver à la marche à pied dans un contexte de téléphones mobiles ?

Cette thèse vise à répondre à ces questions de recherche. Nous décri-

vons dans la section suivante l'organisation du manuscrit, et comment nous construisons les réponses à ces questions.

1.4. Organisation du manuscrit

Ce manuscrit est divisé en trois parties. Dans la première partie (chapitres 1, 2 et 3), nous présentons au chapitre 2 un état de l'art général des deux domaines principaux de la thèse : la psychologie et l'interaction humain-machine adaptative. En psychologie d'abord, nous présentons les théories du changement de comportement et les différentes approches pour atteindre ce but (chapitre 2 - sous-section 2.1.1). Nous abordons ensuite la personnalité et la motivation et les différentes manières de les étudier (chapitre 2 - sous-sections 2.1.2 et 2.1.3). Nous présentons également les travaux autour de la psychologie de l'activité physique et de la marche en particulier (chapitre 2 - sous-section 2.1.3).

En interaction humain-machine, nous évoquons quelques modèles d'interactions et nous présentons les concepts de profil et de modèle utilisateur, essentiels pour le reste de notre exposé (chapitre 2 - sous-section 2.2.1). Nous détaillons ensuite l'adaptation de l'interaction au travers des modèles existants (chapitre 2 - sous-section 2.2.2).

De cet état de l'art général nous tirons une synthèse des travaux actuels et de leurs limites, que nous présentons au chapitre 3, ainsi que la formulation de notre problématique de recherche. Nous exposons ensuite l'approche et la méthode suivies pour nos travaux.

La deuxième partie (chapitres 4, 5 et 6) rassemble nos contributions scientifiques, dont la présentation est structurée à l'identique. Le chapitre 4 présente la première dimension de notre modèle, l'adaptation de l'objectif quotidien de marche. Pour cette dimension, nous présentons tout d'abord un état de l'art focalisé sur l'adaptation d'objectifs de marche (section 4.1), puis nous détaillons le fonctionnement de cette dimension dans notre modèle (section 4.2). Nous évaluons cette dimension dans l'étude n°1 "Adaptation dynamique d'un objectif en nombre de pas" (section 4.3).

Le chapitre 5 présente la deuxième dimension, l'adaptation de messages motivationnels. La section 5.1 est un état de l'art sur l'envoi de messages motivationnels dans un contexte de marche à pied. Nous présentons ensuite la dimension de notre modèle en section 5.2, puis l'évaluation de cette dimension dans l'étude n°2 "Adaptation de messages motivationnels" en section 5.3.

Le chapitre 6 réitère cette structure autour de la troisième dimension de notre modèle, la ludification de la marche. Nous commençons par un état de

l'art de la ludification de la marche (section 6.1), puis la présentation de cette dimension (section 6.2). Enfin, l'étude n°3 "Ludification pour la motivation à la marche" évalue cette dimension de notre modèle (section 6.3).

Finalement, la troisième partie termine ce manuscrit avec une discussion générale en deux parties. Le chapitre 7 revient sur nos contributions dans les trois thématiques de la thèse : l'adaptation de l'activité physique, l'adaptation de messages motivationnels et l'adaptation de la ludification, et propose une synthèse des contributions ainsi que quelques remarques générales. Le chapitre 8 ébauche des perspectives thématiques pour la poursuite de nos travaux. Nous répondons également aux questions de recherche évoquées dans cette introduction et nous concluons sur notre travail en général.

CHAPITRE 2 - État de l'art général

Nos travaux s'inscrivent principalement en informatique, et en particulier dans le domaine de l'Interaction Humain-Machine. Mais parce qu'il y a aussi "Humain" dans Interaction Humain-Machine, il nous semble important de tenir compte de leurs caractéristiques. Nous prenons également appui sur des théories issues de la Psychologie ainsi que les recherches en sciences du sport et de l'activité physique. Dans ce chapitre, nous présentons un état de l'art général dans ces trois disciplines couvrant les principaux concepts abordés tout au long de ce manuscrit.

Nous commençons d'abord par le domaine de la psychologie, afin d'exposer et de comprendre les leviers psychologiques qui motivent et permettent à un individu de changer de comportement. Nous devons pour cela également comprendre ce que sont la personnalité et la motivation de manière générale, avant de prendre un cadre un peu plus spécifique qui est l'activité physique, et la marche en particulier. Nous abordons ensuite le domaine de l'Interaction Humain-Machine Adaptative afin de définir les concepts-clés de ce domaine, que sont l'adaptation, le profil et le modèle utilisateur, pour poursuivre par la présentation de modèles actuels d'interactions et de leurs limites en termes d'adaptation.

2.1. Psychologie de la Personnalité et de la Motivation

Dans ces travaux de thèse, nous avons pour but de proposer un nouveau modèle d'interaction adaptative s'appuyant sur des théories de la psychologie pour offrir aux utilisateurs des interactions motivationnelles pour la marche à pied. Avant d'entrer dans les détails de ce modèle, nous avons besoin de définir les théories dont nous nous inspirons. Dans cette section, nous nous intéressons à deux théories en particulier, que nous introduisons par leur champ d'étude respectif en psychologie : la personnalité et la motivation.

2.1.1. Personnalité

En psychologie, la personnalité peut être définie comme "*un ensemble de comportements organisés, stables et individualisés*" [105]. Il existe deux courants principaux de pensée pour expliquer la personnalité en psychologie : l'approche dimensionnelle, qui se base sur les traits de personnalité pour décrire le comportement des personnes, et l'approche socio-cognitive qui s'intéresse aux processus qui expliquent les comportements des personnes [48].

2.1.1.1. Approche dimensionnelle

L'approche dimensionnelle consiste à décrire la personnalité au moyen de dimensions. Elles sont souvent définies par une méthode lexicale, c'est-à-dire en utilisant les termes du langage commun habituellement utilisés pour décrire la personnalité d'un individu, comme par exemple, "inquiet", "courageux", "patient", "introverti", "impulsif", etc. Une analyse factorielle permet de réduire les milliers de termes en quelques dimensions relativement stables, appelées "traits de personnalité" [31]. Un trait de personnalité est une qualité générale, élémentaire et stable d'un individu qui témoigne de la cohérence de son comportement [105].

Il existe plusieurs théories autour des traits de personnalité. La plus connue et la plus utilisée est sans doute le "*Five Factor Model*" de Costa et McCrae [33]. Ce modèle définit cinq dimensions pour décrire les traits de personnalité d'un individu : l'ouverture à l'expérience, le caractère consciencieux, l'extraversion, l'agréabilité et le névrosisme [33].

Les modèles par trait servent à décrire la personnalité des individus, dans l'idée de catégoriser les comportements : plutôt que de chercher à savoir l'origine et la cause d'un comportement, ces modèles essaient de faire correspondre un comportement constaté à un type de personnalité. Une autre limite de ces modèles réside dans l'absence de prise en compte des différences intra-individuelles, notamment lorsque ces différences s'expriment par le contexte ou l'environnement [48]. Par exemple, il est tout à fait possible pour un individu d'être consciencieux, ordonné et organisé dans un environnement professionnel, tout en étant chaotique et distrait dans sa vie personnelle, ou si un événement imprévu impacte fortement son état émotionnel. Si ces approches ont permis de rendre compte de différences interindividuelles, elles rendent peu compte de la variabilité intra-individuelle et de l'impact de la situation sur le comportement, et donc l'origine de ce comportement.

2.1.1.2. Approche socio-cognitive

L'approche socio-cognitive de la personnalité se focalise sur l'explication des comportements d'un individu en tenant compte de la situation, de son état émotionnel et de sa manière d'appréhender le monde et autrui [13]. La Théorie Sociocognitive de Bandura [13], principale contribution de cette approche, repose sur le concept d'auto-régulation (*self-regulation* en anglais) : le comportement d'un individu est régulé et motivé par une auto-influence de l'individu sur lui-même, en faisant une distinction entre les différents buts : ainsi, tenter d'atteindre un état désiré serait fondamentalement différent de tenter d'éviter un état non désiré [138].

Higgins (1997) propose d'ailleurs une théorie de l'auto-régulation, avec le concept d'orientation régulatrice (*regulatory focus* en anglais) [38, 71]. Une pré-

sentation plus complète de cette théorie est faite dans les sous-sections suivantes étant donné sa pertinence pour la motivation et le changement de comportement.

2.1.1.3. Théorie de l'Orientation Régulatrice (TOR)

La Théorie de l'Orientation Régulatrice (TOR) décrit les stratégies d'action des personnes en fonction de leur objectif et de la manière d'y parvenir [38, 138]. L'orientation régulatrice (OR) serait une manière d'agir des individus dépendante du contexte, de l'environnement et d'autres facteurs, qui permettrait d'expliquer leur comportement. Ainsi, l'atteinte d'un état désiré est une stratégie, l'évitement d'un état non désiré est une autre stratégie, et un même individu peut opter pour l'une ou l'autre de ces deux stratégies selon la situation, le contexte, etc. [71]. Ces deux stratégies sont appelées orientation promotion et orientation prévention [138]. Les individus d'OR promotion sont sensibles aux situations de gains, de succès, et à la présence ou l'absence d'issues positives de leurs actions, c'est-à-dire lorsqu'elles se rapprochent de l'objectif. Les individus d'OR prévention sont quant à eux plus sensibles aux situations de pertes, de sécurité, d'assurance et à la présence ou l'absence d'issues négatives de leurs actions, c'est-à-dire lorsqu'elles s'éloignent de l'objectif. Ainsi, selon leur sensibilité, les individus n'adoptent pas le même comportement pour une situation ou un contexte donné [92].

Deux individus ayant des orientations régulatrices opposées peuvent viser le même objectif en utilisant des approches différentes pour l'atteindre. De manière parallèle, un même individu peut opter pour une stratégie promotion ou prévention selon la situation et/ou le contexte (tableau 2.1). Pour une situation ou un contexte donné et pour un même individu, la stratégie (promotion ou prévention) utilisée tend à être stable, c'est-à-dire à rester identique au cours du temps : l'orientation est dite chronique [38]. Il est également possible d'induire une orientation promotion ou prévention par une mise en situation, afin d'influencer temporairement un individu à penser dans l'une ou l'autre des stratégies [38, 72].

La mesure de l'OR chronique d'un individu peut être réalisée par un questionnaire validé, tel que le *Regulatory Focus Questionnaire* (Questionnaire de l'Orientation Régulatrice, [73]). Ce questionnaire pose onze questions sur des événements de la vie tels que la réussite d'un individu, ou son comportement avec ses parents. Une version française adaptée, où les questions d'ordre général sont remplacées par des proverbes, est proposée par [49]. Ce questionnaire permet d'évaluer l'OR d'un individu dans un contexte général. Mais l'OR pouvant dépendre du contexte ou de la situation, des outils focalisés sur des contextes précis ont aussi été développés : c'est le cas par exemple du questionnaire EORAP (*Échelle des Orientations Régulatrices dans l'Activité Physique*,

[87]), qui propose de mesurer les OR promotion et prévention des individus dans un contexte d'activité physique.

Orientation promotion	Orientation prévention
Stratégie de type "approche"	Stratégie de type "évitement"
Besoins de succès	Besoins de sécurité
Sensibilité à la présence ou l'absence d'issues positives	Sensibilité à la présence ou l'absence d'issues négatives
Situations de gains ou d'absence de gains	Situations de pertes ou d'absence de pertes

Tableau 2.1 – Caractéristiques des stratégies promotion et prévention, selon la TOR (adapté de [138]).

Le concept d'orientation régulatrice a été utilisé dans de nombreuses études en persuasion et notamment en conception de campagnes médiatiques en santé et de technologies persuasives [73, 101, 124].

La sensation de "se sentir bien" est associée à la persuasion par [27] : les auteurs proposent d'utiliser l'orientation régulatrice pour persuader une personne de suivre ou de changer de comportement. Selon ces auteurs, lorsqu'une personne reçoit une information formulée selon sa propre orientation régulatrice, c'est-à-dire que les termes utilisés dans cette information respectent les caractéristiques de l'OR de cette personne, alors elle ressent du bien-être et est plus sensible à cette information. Il y a alors une adéquation (*fit* en anglais) entre l'orientation régulatrice de l'utilisateur et l'orientation régulatrice exprimée par l'information et son contexte. Ressentir cette adéquation augmente le pouvoir persuasif d'une sollicitation [27].

Lee et Aaker [91] explorent la relation entre l'orientation régulatrice, le risque perçu d'une situation donnée et les effets d'un message orienté sur la persuasion, en particulier dans un contexte de gain et de perte. Les auteurs ont mené plusieurs études marketing factices, où les messages de publicité d'un produit étaient orientés promotion pour une moitié des participants, et prévention pour l'autre moitié, afin d'induire cette stratégie chez les participants. Les participants ont ensuite répondu à un questionnaire portant sur leur perception de la marque présentée.

Les auteurs concluent que les messages orientés "promotion" présentés dans un contexte de faible risque perçu sont plus persuasifs et que, par conséquent, les messages orientés "prévention" présentés dans un contexte de risque perçu élevé sont également plus persuasifs. En outre, l'expérience par l'utilisateur de l'adéquation facilite la compréhension du message, ce qui améliore la persuasion.

La TOR est utilisée dans de nombreux domaines : pour de l'apprentissage [118, 134], pour du marketing [79], pour de la prévention routière [66], pour de l'entrepreneuriat [150]. . . et pour de l'activité physique, ce que nous proposons d'aborder dans la section suivante.

2.1.1.4. TOR et Activité Physique

La TOR est notamment utilisée pour concevoir des campagnes de promotion de l'activité physique, incitant les personnes à plus d'activité. Latimer *et al.* [89] par exemple ont proposé des messages cadrés selon la TOR et un "guide de l'activité physique" orienté à des participants sédentaires en début d'étude, puis en mesurant leurs intentions concernant l'activité physique deux semaines après. Les chercheurs ont observé que les participants orientés promotion effectuaient plus d'activité physique que les participants orientés prévention lorsqu'ils étaient exposés à des messages orientés promotion. Des études similaires, comparant des messages "fit" et "non fit", c'est-à-dire en adéquation ou non avec l'orientation régulatrice des participants, rapportent les mêmes résultats : les intentions de pratiquer de l'activité physique sont renforcées lorsqu'il y a l'adéquation, et diminuées ou sans effet sinon [25, 97, 121, 122, 124].

Fuglestad *et al.* [53] obtiennent des résultats plus contrastés. Les auteurs ont conçu une intervention à deux conditions, l'une orientée promotion et l'autre orientée prévention, visant à la perte de poids à travers une alimentation saine et de l'activité physique. Les participants furent répartis de manière aléatoire dans les deux conditions, et furent pesés au début de l'étude, puis après une période de trois et six mois. Les résultats indiquent que l'intervention orientée promotion est plus efficace que l'intervention orientée prévention, et ce pour toutes les OR des individus. Les auteurs concluent que s'agissant de la perte de poids, le fait d'adapter les communications à l'OR des individus ne fournit aucun avantage notable [53].

Cependant, dans toutes ces interventions, les messages et documents orientés sont utilisés avant l'intervention même, comme publicité pour l'activité physique [53, 89, 121, 124], avec des mesures des intentions de pratiquer de l'activité physique et non des mesures objectives de cette pratique. Dans la revue systématique de Ludolph et Schulz [97], seule une équipe de chercheurs, Martinez *et al.* [101], administre des messages cadrés pendant l'intervention. Si ces études ont montré des intentions positives de pratiquer des activités physiques, il reste cependant à les mettre en œuvre. Une communication promouvant l'activité physique et en particulier la marche, pourrait être utile comme support à la motivation, pendant l'intervention.

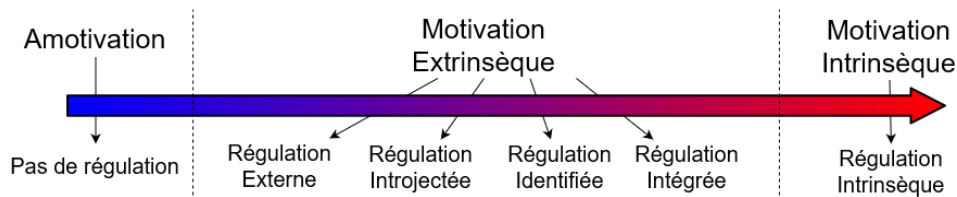


Figure 2.1 – Continuum de la motivation selon la TAD. Adapté de [127].

2.1.2. Motivation

2.1.2.1. Définition

En psychologie, Vallerand et Thill [141] proposent une définition de la motivation : "*Le concept de motivation représente le construit hypothétique utilisé afin de décrire les forces internes et/ou externes produisant le déclenchement, la direction, l'intensité et la persistance du comportement*". La motivation est donc un ensemble de phénomènes permettant la réalisation du comportement. C'est précisément l'étude de ces phénomènes qui motive les auteurs de la Théorie de l'Auto Détermination, Deci et Ryan [40, 127] : la motivation n'est pas un concept ou une quantité unique, il existe différents types de motivation [41]. Il est d'ailleurs facile de l'imaginer : un individu peut très bien réaliser un travail pour le goût de celui-ci, ou par le salaire à la clé. Dans les sous-sections suivantes, nous donnons une présentation de cette théorie puis nous expliquons quels liens existent entre la TAD, l'activité physique et l'informatique.

2.1.2.2. Théorie de l'Auto Détermination (TAD)

La TAD est une théorie de la motivation qui décrit trois besoins fondamentaux devant être satisfaits par chacun pour atteindre l'auto-motivation et le bien-être : *l'autonomie*, *la compétence* et *l'affiliation* [41]. L'autonomie consiste à agir selon ses principes et ses valeurs avec force, volonté et contrôle. La compétence décrit la capacité d'un individu à réaliser une tâche ou un projet en se sentant capable et performant. Enfin, l'affiliation est le sentiment d'appartenance à un groupe et de connexion avec d'autres personnes.

La TAD considère la motivation non pas comme une simple entité unique, mais comme un continuum (figure 2.1), de *l'amotivation* (c'est-à-dire l'absence de motivation à la réalisation d'une action) à la *motivation intrinsèque* (qui représente la réalisation d'une action pour l'action elle-même et le bien-être qu'elle procure) [127]. Entre ces deux extrêmes se situe la *motivation extrinsèque*, qui représente tous les types d'influence externe de la motivation. Elle est elle-même divisée en quatre types. La *régulation externe* concerne les comportements réalisés sous influence externe, ou comme condition d'accès à une récompense [127]. La *régulation introjectée* est un peu plus autonome : il s'agit de comportements internalisés mais pas complètement acceptés comme provenant de soi. Un exemple typique est la manifestation de l'ego, où un in-

dividu démontre ses capacités dans l'intention de prouver sa valeur [127]. La *régulation identifiée* concerne les comportements considérés comme importants pour l'individu sans qu'il soit pour autant à leur origine. Enfin, la *régulation intégrée* se produit lorsque les comportements de type régulation identifiée sont pleinement admis par l'individu comme étant les siens. La seule différence avec la motivation intrinsèque réside dans leur but : un comportement de type régulation intégrée est toujours réalisé pour des raisons autres que le plaisir de l'activité elle-même, caractéristique de la motivation intrinsèque.

Les régulations externe et introjectée sont souvent rassemblées dans la *motivation contrôlée*, et les régulations identifiée, intégrée et intrinsèque sont souvent rassemblées dans la *motivation autonome* [41, 127].

2.1.2.3. TAD et Activité Physique

La TAD est utilisée dans le domaine du coaching sportif (sans technologies) où des chercheurs comme Hollebeak et Amorose [74] ont remarqué des concepts similaires entre les besoins de la TAD et les pratiques des coaches, notamment par les stratégies et comportements du coach qui influencent positivement ou négativement la motivation des athlètes. Par exemple, un comportement démocratique améliore l'autonomie et donc la motivation intrinsèque, mais un comportement autocratique détériore le sentiment d'affiliation et la motivation. Ils en concluent que l'inclusion de l'athlète dans le processus de décision peut être bénéfique, et que la TAD dans l'ensemble tend à favoriser le développement de la motivation intrinsèque. Amorose et Anderson-Butcher [10] soulignent qu'un renforcement particulier de l'autonomie de la part du coach favoriserait la motivation autodéterminée. Par ailleurs, plus un athlète ressent la satisfaction des besoins de la TAD, plus ses raisons de pratiquer un sport sont autodéterminées. Les auteurs concluent qu'il existe une relation étroite entre la compétence perçue, le sentiment d'autonomie, et comment l'articulation des deux renforce la motivation de la personne coachée.

Signe que la TAD est efficace pour le coaching sportif en particulier, Mears et Kilpatrick [103] élaborent un "manuel" de la TAD à destination des professionnels du sport et du bien-être, afin de favoriser l'adoption et la poursuite de la pratique d'activité physique. Outre de décrire le fonctionnement théorique de la satisfaction des besoins, ce guide propose des recommandations pratiques avec exemples à l'appui de comportement ou de messages à transmettre dans la relation entre le coach et l'athlète, afin de favoriser l'autonomie et de développer sa motivation intrinsèque. Par exemple, donner un retour d'information positif sur la performance permet de renforcer le besoin de compétence : "*Bien joué! Je vois vraiment que tu travailles dur pour t'assurer une*

bonne santé" (traduit de l'anglais "*Good job! I can really see you are working hard on making sure your form is appropriate*" [103]).

Spence et Oades [131] étendent cette approche pratique et théorique au coaching en général en proposant de construire une atmosphère, un environnement autour de la personne coachée en accord avec les principes de la TAD : faire de la motivation non pas une condition, mais un objectif, qui est atteint lorsque les besoins fondamentaux (autonomie, compétence, affiliation) sont satisfaits. Le besoin d'autonomie est mis en avant comme catalyseur du besoin de compétence et de la motivation. Lors d'une session de coaching, les trois besoins peuvent être satisfaits, par différents éléments, qui tournent autour d'un même concept : placer la personne coachée au centre de l'attention. En la laissant faire ses propres choix, et en tenant compte de son avis, le coach va renforcer l'autonomie de la personne coachée. Le besoin de compétence est, lui, satisfait en appuyant les points forts du sujet. Enfin, la relation à autrui est affermie par la création d'une atmosphère chaleureuse et de confiance entre le coach et la personne coachée. Au cours de ces sessions, le coach se sert ainsi de ces différents éléments pour transformer la motivation extrinsèque du sujet vers une motivation intrinsèque, en adaptant son intervention au stade d'évolution où la personne coachée se trouve.

2.1.2.4. TAD et IHM

Certains chercheurs ont essayé de transposer ces principes de coaching à des modèles informatiques, avec des effets parfois inattendus : Cherubini *et al.* [29] ont ainsi constaté une baisse de la motivation intrinsèque des participants suite à la réception de messages motivationnels basés sur la TAD. Si quelques exemples de messages figurent dans leur publication, par exemple "*N'y va pas trop fort! Commence par apprécier ta routine d'entraînement. Prends du plaisir en le faisant*", le cadrage des messages n'est pas spécifié, et nous pouvons tempérer leurs conclusions par le fait qu'un message cadré de manière "*positive*" ou "*négative*" n'est pas perçu de la même façon et n'a pas le même impact sur un même sujet [96]. Un message "*négatif*" tel que "*Je l'ai fait, c'est si facile. Essaie un peu plus!*", transmis par un coach humain amènera la personne coachée à produire un effort plus intense et sera plus motivée que pour un message "*positif*" (comme "*J'ai réussi, je sais que tu peux le faire aussi!*"), alors que le même message "*négatif*" transmis par un coach virtuel aura les effets inverses : motivation et efforts moindres [96]. Lucas *et al.* [96] avancent que le contexte de l'entraînement physique ne suscite pas particulièrement la peur des participants d'être jugés par le coach humain ou par l'agent. C'est une caractéristique de cette activité, qui produit des résultats à l'encontre de la littérature habituelle, où les messages "*négatifs*" adressés par un humain étaient mal reçus, où les messages "*négatifs*" adressés par un agent étaient bien reçus, et inversement avec des messages "*positifs*" [96].

Dans la lignée de Spence et Oades [131] de théorisation de la pratique de coaching, Villalobos-Zuñiga et Cherubini [143] ont élaboré une taxonomie des fonctionnalités d'applications pour téléphone mobile basées sur la TAD. Ainsi, nous y retrouvons différents contenus de messages satisfaisant différents besoins de la TAD, par exemple, les messages de félicitations ("*congratulate message*") appartiennent à la catégorie "retour d'information d'activité" ("*activity feedback*"), et satisfont le besoin de compétence. Autres exemples, les rappels d'exercice ("*exercise reminder*") ou les rappels de motivation ("*motivation reminder*") satisfont tous deux le besoin d'autonomie. La taxonomie de Villalobos-Zuñiga et Cherubini [143] étant relativement récente, il y a encore peu d'études qui incluent la TAD dans un modèle ou une application pour mobiles, ce que l'on peut constater dans l'article de Monteiro-Guerra *et al.* [108] : sur les dix-sept études analysées, une seule utilise explicitement la TAD comme base théorique pour son modèle temps réel de coaching à l'activité physique sur mobile.

2.1.3. Résumé de l'état de l'art en Psychologie

Dans cette première partie de l'état de l'art, nous avons introduit les bases théoriques en psychologie qui orienteront cette thèse : la Théorie de l'Orientatation Régulatrice [138] et la Théorie de l'Auto Détermination [40].

La Théorie de l'Orientatation Régulatrice (TOR [38, 138]) fait partie de l'approche socio-cognitive de l'étude de la personnalité, qui tente d'expliquer le comportement des individus en fonction de la situation, de leurs états émotionnels et de leur manière d'interagir avec autrui [13]. La TOR en particulier décrit deux stratégies d'action des personnes selon leur objectif et la manière d'y parvenir : les orientations régulatrices (OR) promotion et prévention [38]. L'orientation promotion concerne des situations de gains ou d'absence de gains, des besoins de succès et décrit une sensibilité à la présence ou à l'absence d'issues positives. L'orientation prévention, à l'inverse, concerne des situations de pertes ou d'absence de pertes, des besoins de sécurité et décrit une sensibilité à la présence ou à l'absence d'issues négatives. Chaque individu peut être orienté promotion ou prévention selon le contexte ou la situation [71]. L'OR d'une situation donnée étant stable, elle est dite chronique [38] et peut être mesurée par des questionnaires validés, tel que l'EORAP pour l'activité physique (*Échelle des Orientations Régulatrices dans l'Activité Physique* [87]). La TOR a été utilisée dans de nombreuses études en persuasion, notamment pour la promotion de la santé et de l'activité physique [25, 53, 121, 122, 124], mais plus rarement directement au cours d'interventions.

La Théorie de l'Auto Détermination (TAD [40, 41]) décrit trois besoins fondamentaux des individus pour atteindre un état de motivation et de bien-être : l'autonomie, la compétence et l'affiliation [41]. L'autonomie consiste à

agir selon ses principes et ses valeurs avec force, volonté et contrôle. La compétence décrit la capacité d'un individu à réaliser une tâche ou un projet en se sentant capable et performant. L'affiliation est le sentiment d'appartenance à un groupe et de connexion avec d'autres personnes. La TAD considère la motivation comme un continuum, partagé en six types de motivation : l'amotivation, la motivation extrinsèque elle-même divisée entre les régulations externe, introjectée, identifiée, intégrée, et la motivation intrinsèque [127]. La TAD est notamment utilisée dans le coaching sportif, où par exemple un comportement visant à renforcer l'autonomie de l'athlète tend à favoriser sa motivation autodéterminée [10, 74]. Les trois besoins peuvent être simultanément satisfaits en plaçant la personne coachée au centre de l'attention : la laisser faire ses choix renforce son besoin d'autonomie, appuyer ses points forts renforce son besoin de compétence, créer une atmosphère de confiance affermit son besoin d'affiliation [131]. La transposition vers des modèles informatiques ne produit pas toujours les mêmes effets, voire parfois des effets contre-productifs, et nécessite une conception adaptée [29, 96]. Villalobos-Zuniga et Cherubini [143] proposent en ce sens une taxonomie basée sur la TAD pour relier les fonctionnalités proposées dans des applications mobiles de coaching à la satisfaction des trois besoins fondamentaux.

Ces deux théories ont prouvé leur utilité pour l'activité physique, indépendamment l'une de l'autre, mais à notre connaissance, jamais ensemble dans un même modèle de motivation à la marche, ce qui nous motive à proposer un modèle d'interaction les combinant. Avant cela, nous aborderons dans la section suivante un état de l'art général de l'IHM adaptative et des modèles d'adaptation existants.

2.2. IHM Adaptative

Dans l'introduction, nous avons vu que l'IHM est une discipline qui s'intéresse à la création de systèmes informatiques interactifs et à l'étude des phénomènes qui les entourent [70]. Nous avons également affiché notre objectif de produire un modèle IHM de motivation à la marche à pied, qui s'appuie sur des théories de la psychologie pour proposer aux utilisateurs des interactions motivationnelles qui s'adaptent à leur profil. Pour atteindre cet objectif, nous donnons dans cette section les définitions des mots-clés modèle d'interaction, profil et modèle utilisateur, et adaptation. Nous présentons ensuite les deux approches de l'adaptation que nous avons identifiées dans notre revue de la littérature en IHM Adaptative.

2.2.1. Quelques définitions

2.2.1.1. Modèle d'interaction adaptative

Un modèle d'interaction est un ensemble de principes et de règles permettant d'orienter et de guider les concepteurs et designers dans la création de systèmes interactifs [16]. Lorsque nous y ajoutons la notion d'adaptation, il est d'abord nécessaire de la définir. L'adaptation est la somme de deux composantes complémentaires : l'adaptabilité et l'adaptativité [136]. D'une part, l'*adaptabilité* est la possibilité donnée à l'utilisateur de modifier le système, afin qu'il corresponde à ses préférences, à partir d'un ensemble prédéfini de paramètres. Le système d'exploitation Android par exemple permet de modifier la langue, la taille de la police, les couleurs, etc. D'autre part, l'*adaptativité* est la capacité du système à s'adapter à l'utilisateur et à ses préférences, de manière automatique et sans intervention de ce dernier. Pour permettre cette adaptation, le système doit posséder une représentation de l'utilisateur, appelée aussi modèle utilisateur, et constituée de données obtenues par différentes techniques, comme un renseignement direct par l'utilisateur (par exemple remplir un questionnaire), une analyse de son utilisation du système (par exemple sa performance, les fonctions les plus utilisées) ou une déduction de ses préférences, par exemple en se basant sur ses précédentes interactions avec le système [51].

En termes de vocabulaire, la littérature en langue anglaise identifie souvent l'adaptabilité au terme "*customisation*" et l'adaptativité au terme "*personalisation*". Un troisième terme de la littérature en langue anglaise, souvent confondu avec "*personalisation*" est le "*tailoring*" : le "*tailoring*" vise à adapter le comportement d'un système interactif à un groupe d'individus, plutôt qu'à un individu en particulier [5, 114]. Dans cette thèse nous nous focalisons sur l'adaptativité ("*personalisation*" en anglais) pour envisager notamment des interactions motivationnelles qui s'adaptent automatiquement à l'utilisateur, selon un modèle utilisateur (défini dans la section suivante).

2.2.1.2. Profil et modèle utilisateur

Un modèle utilisateur est une représentation qu'un système informatique possède d'un utilisateur [19, 51]. Cette représentation est souvent dépendante du domaine considéré : afin que le modèle soit efficace, il est restreint à un ensemble d'attributs spécifiques à la tâche à réaliser. Ces attributs peuvent par exemple inclure des informations sur le comportement de l'utilisateur, ses préférences, ses connaissances, ses objectifs, etc. [24]. Une autre approche consiste à voir le modèle utilisateur comme l'une des parties de la description de l'utilisateur : il permet de décrire les actions de l'utilisateur et leurs conséquences pendant l'interaction, c'est la partie dynamique de la description de l'utilisateur. La seconde partie de cette description est le profil utilisateur, qui consiste à examiner les informations statiques de l'utilisateur, telles

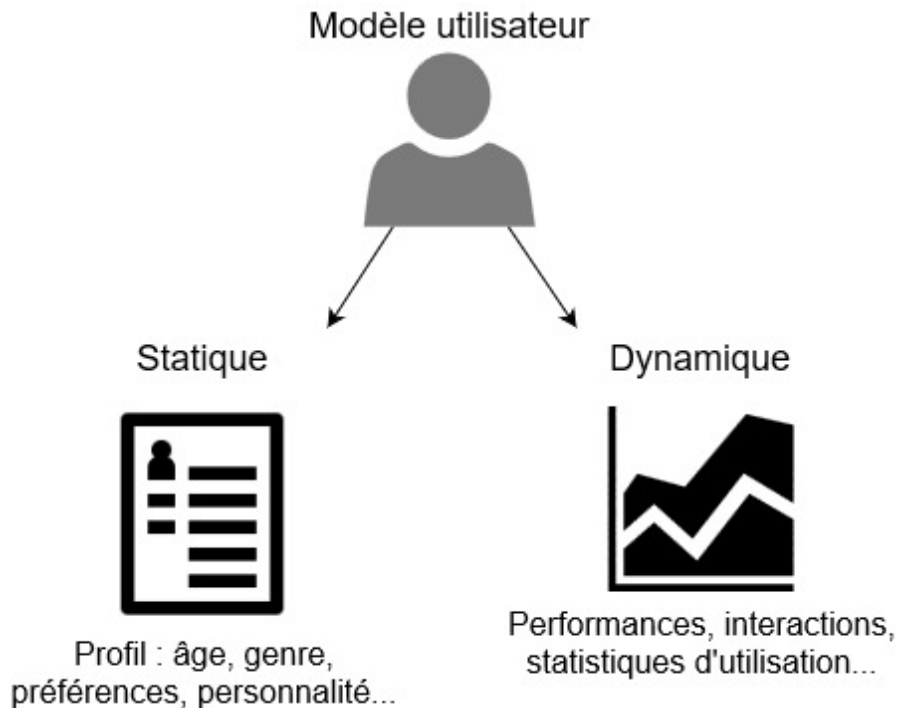


Figure 2.2 – Exemple d'un modèle utilisateur.

que sa personnalité, ses informations démographiques ou son nom, et qui ne changent pas pendant l'interaction [19, 54].

Notre définition d'un modèle utilisateur combine ces deux approches (figure 2.2). Un modèle utilisateur est une représentation d'un utilisateur possédée par un système informatique interactif [19, 51]. Cette représentation est composée de deux parties : une partie statique, appelée profil de l'utilisateur, comportant des informations stables dans le temps (qui n'évoluent pas), définies en amont de l'interaction, telles que l'âge, le nom, le genre, la personnalité, et une partie dynamique comportant des informations propres aux interactions entre l'utilisateur et le système, et dont le contenu est spécifique au domaine applicatif.

Afin de modéliser correctement un utilisateur, il est recommandé d'utiliser plusieurs techniques de collecte de données, telles que des techniques explicites (par ex. questionnaires soumis à l'utilisateur) ou implicites (par ex. analyse de sa performance sur une tâche) [51, 54, 125].

Établir un modèle de l'utilisateur n'est que la première étape de l'adaptation : cela donne au système interactif de précieuses informations sur qui est l'utilisateur, faut-il encore que le système sache qu'en faire. Nous nous attachons maintenant à décrire l'adaptation de l'interaction et les modèles

existants.

2.2.2. Adaptation de l'interaction

D'après Graus et Ferwerda [59], l'approche la plus utilisée à ce jour en IHM adaptative est l'analyse des actions des acteurs : à partir de l'historique des actions de l'utilisateur et des réponses du système à ces actions, ce dernier peut prédire les prochains besoins et actions de l'utilisateur, et s'y adapter. Cette approche n'exige pas de connaître les caractéristiques personnelles d'un utilisateur mais de fait elle ne semble pas permettre une adaptativité poussée. La prise en compte de certaines caractéristiques, ou d'un modèle utilisateur, permet de personnaliser le système à l'utilisateur. Dans les sections suivantes, nous passons en revue certains modèles d'interaction de chaque approche.

2.2.2.1. Adaptation à partir des actions de l'utilisateur

Un premier type de modèle d'adaptation repose sur la prise en compte des actions, que ce soit celles de l'utilisateur ou du système, afin d'adapter l'interaction entre les deux entités.

Le modèle ISATINE par exemple [95] exprime l'adaptation des interfaces utilisateur comme un échange entre l'utilisateur et le système. ISATINE utilise le modèle d'interactions de Norman [113] pour construire une adaptation progressive, dont les résultats intermédiaires et finaux sont perçus, interprétés et évalués à la fois par le système lui-même et par l'utilisateur, à tour de rôle (figure 2.3). L'adaptation est décrite au travers de sept étapes, qui permettent de séparer les processus mis en œuvre afin de permettre l'adaptation.

Tout d'abord, une liste d'objectifs est établie, dont la finalité est l'adaptation de l'interface utilisateur (IU). Cette liste sera mise à jour en fonction des étapes intermédiaires de l'adaptation. Ensuite a lieu l'initiative de l'adaptation, dont l'origine peut être l'utilisateur (formulation d'une requête) ou le système (détection d'un besoin). L'initiative est suivie par la spécification qui consiste à montrer ou indiquer que faire (par l'utilisateur), ou à calculer ce qu'il faut modifier (par le système). Les étapes d'application et de transition vont servir à désigner respectivement l'entité responsable de la modification de l'IU (utilisateur ou système) et celle responsable de la transition fluide entre l'état précédent et le nouvel état. Enfin, les étapes d'interprétation et d'évaluation permettent respectivement de produire de l'information pour comprendre quelle adaptation est réalisée, puis de juger si les objectifs sont atteints, afin de continuer l'adaptation ou la terminer.

Il n'y a pas d'interaction directe entre les deux entités (utilisateur et système) : elles réagissent l'une après l'autre aux actions de chacune, suivant la séquence des étapes de ce modèle. Les détails sur comment l'adaptation est réalisée sont également flous : une mesure des résultats est faite, mais le ou

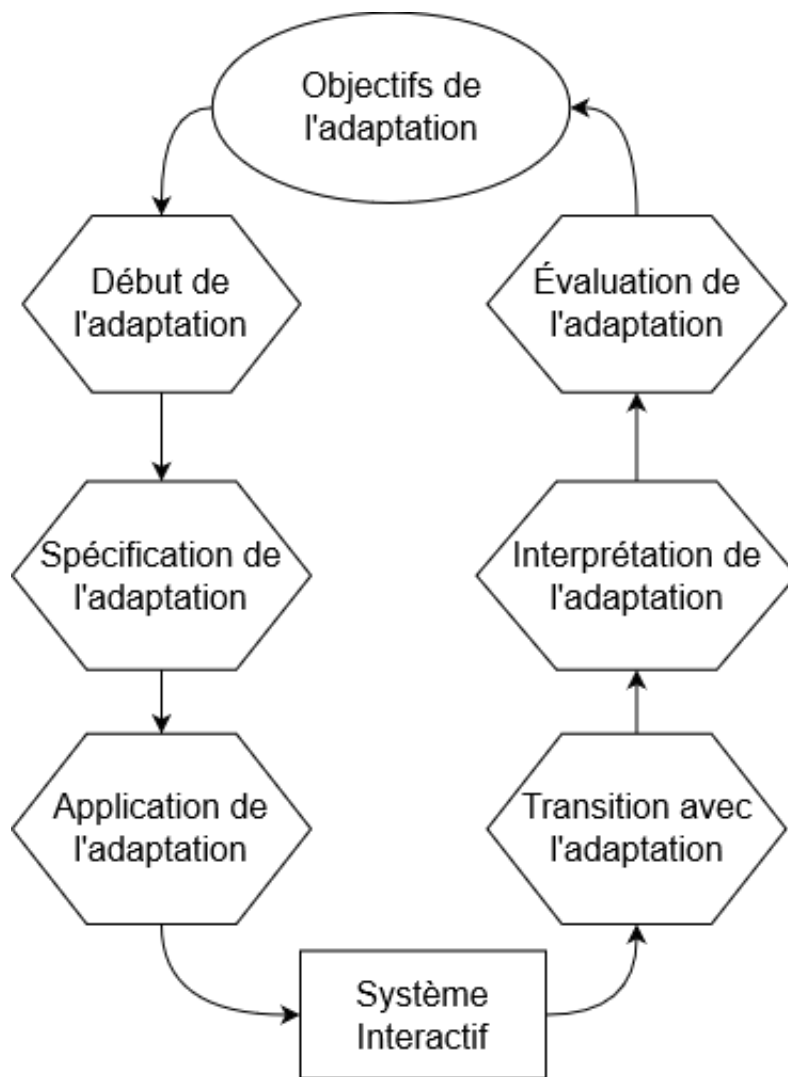


Figure 2.3 – Modèle ISATINE de Lopez-Jaquero *et al.* [95]. Adaptation libre.

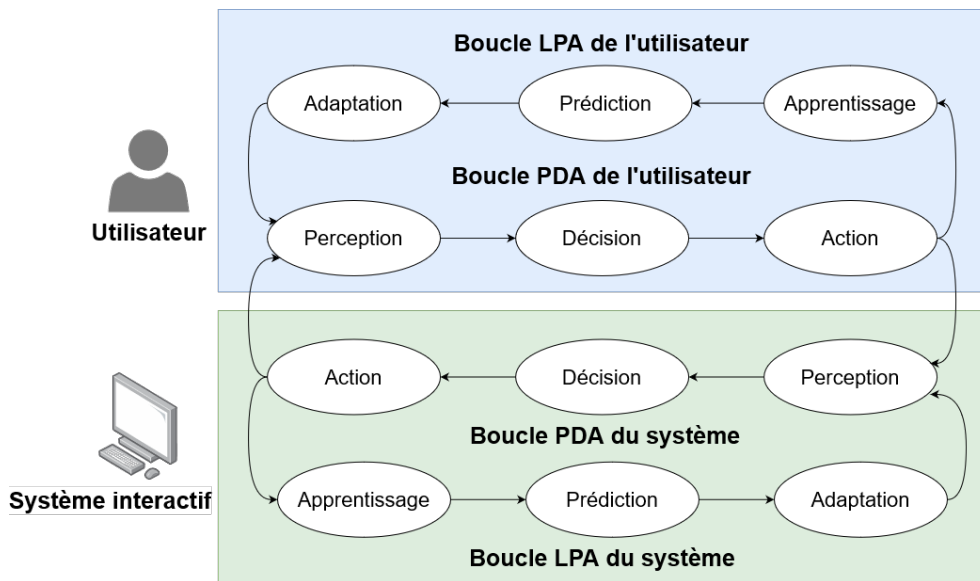


Figure 2.4 – Modèle PDA-LPA de Bouzit *et al.* [21]. Adaptation libre.

les processus par lesquels le système est passé ne sont pas décrits. Enfin, le modèle ISATINE sert principalement à adapter des interfaces, et non des interactions, ce qui limite notre intérêt. Cependant, le modèle est suffisamment générique pour permettre d'identifier des étapes communes à tous les systèmes adaptatifs : la définition d'un objectif, la définition de l'adaptation à effectuer pour atteindre cet objectif, la phase d'application de l'adaptation puis l'évaluation de l'atteinte de l'objectif.

Plus récemment, Bouzit *et al.* [21] proposent un modèle basé sur la répétition de deux boucles de processus : la première se focalise sur l'interaction, au travers de l'interface utilisateur tandis que la seconde se concentre sur l'adaptation de cette dernière (figure 2.4). La boucle PDA ("Perception, Décision, Action") consiste à suivre un processus de perception de l'interface et de son fonctionnement, puis de décision d'une action à entreprendre, et enfin de la réalisation de l'action elle-même. Cette boucle de processus est réalisée par l'utilisateur, pour comprendre et utiliser l'interface, et par le système, pour comprendre ce que fait l'utilisateur et s'y adapter (la décision d'adaptation étant faite dans la deuxième boucle).

La seconde boucle, LPA pour "*apprentissage, prédiction, adaptation*" ("*learning, prediction, adaptation*" en anglais), complète la première. Elle est aussi réalisée par les deux acteurs : l'utilisateur va apprendre du système, et s'y adapter (processus personnel de l'utilisateur). Le système quant à lui va apprendre des actions de l'utilisateur et les garder en mémoire pour proposer des actions et des adaptations en adéquation avec son utilisation précédente

du système. Le système d'adaptation se poursuit tant que l'une ou l'autre des entités n'a pas décidé de stopper les boucles, ce qui est en général accompli par l'utilisateur : il juge que l'objectif d'adaptation est terminé.

Les auteurs ont procédé au développement et à la comparaison de deux interfaces adaptatives, conçues en essayant de suivre ce cadre de conception. La comparaison s'effectue selon des propriétés définies par le cadre de conception, telle que par exemple la propriété de prédictibilité, qui consiste en la capacité de l'utilisateur à prédire les adaptations futures du système, et qui est assurée par le système lui-même à suffisamment expliciter ses actions à l'utilisateur. Bouzit *et al.* [21] n'évaluent pas le modèle PDA-LPA lui-même, mais ils essaient de décrire en quoi chaque propriété du modèle est appliquée ou non dans ces deux implémentations.

Le modèle PDA-LPA proposé par Bouzit *et al.* [21] est donc un cadre de conception qui se concentre sur les actions et les réactions échangées entre l'utilisateur et le système. Cependant, les auteurs ne décrivent pas de dimension temporelle : les différentes étapes ne sont pas marquées temporellement, et il est difficile de décider ou de comprendre quand précisément elles ont lieu.

"*Self-Adapting Menus*" (SAM [57]) est un exemple de modèle adaptatif dynamique dont l'adaptation repose aussi uniquement sur les actions de l'utilisateur pour adapter le menu d'une interface utilisateur graphique. Son moteur d'adaptation observe les actions de l'utilisateur, comme le nombre de clics ou le temps passé sur une page, afin de proposer dynamiquement une politique d'adaptation, codée en dur dans le modèle : par exemple, réarranger les items d'un menu par nombre d'utilisations, ou supprimer les items les moins utilisés. Les actions de l'utilisateur sont observées, analysées et interprétées par l'attribution de scores, qui décident ensuite directement des adaptations à réaliser sur l'interface.

Un principe similaire d'adaptation de l'interaction est utilisé par Wang et Walker [147] dans leur modèle de retour d'information adaptatif pour le logiciel de cartographie mentale *MindDot*. Leur modèle fournit un retour d'information basé à la fois sur le contexte, c'est-à-dire sur le contenu en cours de lecture par l'utilisateur, et sur le processus de création de la carte mentale et notamment sa qualité vis-à-vis du sujet étudié. Le modèle comporte dix comportements-types qui produisent une action du système lorsque ce dernier les détecte. Par exemple, si l'utilisateur n'a pas créé de lien dans sa carte mentale depuis plus de deux minutes (comportement-type n°10), le système lui suggère d'en créer un, en lui donnant des exemples pertinents pour le sujet en cours de lecture [147]. L'évaluation de ce modèle d'adaptation montre une amélioration significative des performances d'apprentissage et de carto-

graphie mentale des utilisateurs, par rapport à ne pas avoir de retour d'information.

2.2.2.2. Adaptation à partir d'un modèle de l'utilisateur

Le deuxième type de modèle d'adaptation que nous avons identifié tient compte d'un modèle utilisateur pour adapter le système avant et/ou pendant son utilisation.

Sarsam *et al.*-Samarraie [129] décrivent une étude portant sur la prise en compte de la personnalité des utilisateurs dans la conception d'une interface, et en particulier dans le cadre de l'apprentissage d'une notion. Tout d'abord, la personnalité des utilisateurs est évaluée selon le "*Five Factors Model*" de Costa et McCrae [33]. Ensuite, une collecte des préférences de design est réalisée en tenant compte de plusieurs paramètres, tels que la structure de l'interface, le type de navigation, les couleurs, les caractéristiques de polices, les boutons ou encore la disposition. A l'issue de cette phase, deux groupes d'utilisateurs sont constitués, et une interface est conçue pour chacun, adaptée aux personnalités et préférences identifiées.

Lors de la tâche d'apprentissage, Sarsam *et al.*-Samarraie [129] réalisent plusieurs mesures, notamment la dilatation des pupilles, indice de la charge cognitive perçue par le sujet évalué (plus la pupille se dilate, plus la charge cognitive est importante); et la durée de fixation oculaire, indice de l'attention du sujet vis-à-vis du design de l'interface utilisateur (plus la durée est importante, plus le sujet a besoin de temps pour intégrer le design à sa propre représentation interne). Les résultats indiquent que l'utilisation de l'interface adaptée aux préférences des utilisateurs est plus efficace, que l'utilisateur passe moins de temps sur les items non pertinents pour la tâche demandée, et de fait la charge cognitive et l'attention demandées sont plus faibles.

Dans cette étude, les éléments de conception sont assez classiques (boutons, type de navigation, couleurs et polices...) et l'adaptation est statique, c'est-à-dire réalisée avant que l'utilisateur expérimente l'interface. Les auteurs restent d'ailleurs prudents quant à la conclusion de leur étude : bien que la prise en compte des préférences et de la personnalité de l'utilisateur semble avoir un impact sur son apprentissage, il reste à montrer quels éléments de l'interface tiennent d'un profil de personnalité caractéristique, et pour un profil donné, quels sont les éléments de l'interface les plus pertinents.

Georgiou et Demiris [54] renforcent leur modèle utilisateur en incluant des concepts de la Théorie du Flow de Csikszentmihalyi [39], dans un contexte vidéoludique. Ils utilisent des données brutes collectées sur l'utilisateur, telles que les commandes tapées au clavier, la direction du regard ou l'inclinaison de sa tête, pour alimenter des modèles d'apprentissage permettant de relier

le comportement de l'utilisateur en jeu avec ces concepts afin de lui proposer une aide adaptative en jeu.

Graus et Ferwerda [59] analysent les pratiques de modélisation de l'utilisateur en faisant l'inventaire des différentes méthodes. Deux méthodes s'opposent en particulier, suivant les différentes "modes" : les approches théoriques s'inspirent des théories de psychologie, notamment les approches dimensionnelles de la personnalité telles que le "*Five Factor Model*" [33], et les approches basées sur les données, c'est-à-dire sur toutes les actions, les comportements et les informations de l'utilisateur. Les auteurs proposent finalement une méthode hybride en quatre étapes : (1) le choix du modèle psychologique adéquat selon le domaine d'application, (2) la collecte des données pertinentes relatives aux traits de l'utilisateur, (3) la déduction de ses traits en fonction des données de comportement et enfin (4) l'inclusion du résultat dans le modèle utilisateur [59].

Dans la section suivante, nous nous intéressons en particulier aux IHM adaptatives pour l'activité physique, et comment la présence d'un modèle de l'utilisateur peut renforcer l'adaptation du système.

2.2.3. IHM Adaptatives et Activité Physique

Nous avons vu que les modèles d'interaction humain-machine sont capables non seulement de s'adapter aux actions des utilisateurs, mais aussi de prendre en compte leurs caractéristiques personnelles afin de personnaliser leur expérience du système. Dans la mesure où les individus sont mus par des motivations et des processus complexes et différents d'un individu à un autre, un modèle d'IHM adaptative qui pourrait tenir compte des caractéristiques personnelles d'un individu et lui proposer une expérience adaptée est particulièrement intéressant [30].

Plusieurs chercheurs ont développé des modèles d'interaction appliqués à l'activité physique. C'est le cas, par exemple, de Niess et Wozniak [112] qui proposent un modèle de suivi évolutif des objectifs d'activité physique. Les auteurs sont partis du constat que les objectifs proposés par les dispositifs de suivi de l'activité sont souvent arbitraires et dénués de sens pour les utilisateurs [112]. Dans leur modèle, à partir des données qualitatives de l'utilisateur sur l'objectif à atteindre, par exemple, retrouver sa forme physique avant un événement, leur modèle transforme ces intentions qualitatives en objectifs quantitatifs, par exemple marcher 12000 pas par jour. L'adaptation est donc basée sur le lien entre des objectifs abstraits évoqués par l'utilisateur et des objectifs concrets proposés par le modèle. Bien que leur modèle reste théorique, conçu essentiellement comme un guide pour la conception d'outils de suivi d'activité, il permet d'illustrer la pertinence des interfaces adaptatives pour le domaine de l'activité physique. Plus récemment, Mohan *et al.*

[106] présentent un coach de motivation à l'activité physique pour les individus sédentaires, en mettant l'accent sur la définition d'objectifs quotidiens et hebdomadaires. Mohan *et al.* [106] décrivent précisément les règles logiques utilisées pour décider de la voie à suivre : par exemple, augmenter ou diminuer l'intensité des exercices proposés. Leur modèle se concentre sur l'atteinte d'objectifs par une intervention structurée et planifiée, mais la plupart des mesures sont de nature déclarative par les utilisateurs. Si le recueil du ressenti ou de l'expérience subjective de l'utilisateur sont importants dans l'adaptation des interactions, les mesures objectives et les comportements réalisés doivent également être pris en compte, tels que les mesures et comportements proposés par les récents dispositifs de suivi comme le nombre de pas par jour (par exemple les mobiles multifonctions et autres montres connectées).

2.2.4. Résumé de l'état de l'art en IHM Adaptative

Dans cette seconde partie de l'état de l'art sur l'Interaction Humain-Machine Adaptative, nous avons tout d'abord présenté les définitions de modèle d'interaction adaptative, de profil et modèle utilisateur. Un modèle d'interaction est un plan, constitué de principes et de règles pour concevoir et mettre en œuvre un système interactif [16]. L'adaptation est la somme de deux composants complémentaires, l'adaptabilité et l'adaptativité. Notre recherche se focalise sur l'adaptativité (ou "*personalisation*" en anglais) pour proposer des interactions motivationnelles adaptées à l'utilisateur. Pour réaliser cette adaptation, le système interactif a besoin d'une représentation de l'utilisateur, appelée modèle utilisateur [19, 51]. Un modèle utilisateur peut être pourvu de deux parties : une partie statique, appelée en général le profil, qui contient des données peu amenées à changer, telles que des informations démographiques (âge, genre, taille, poids...), des préférences, des traits de personnalité [24]. L'autre partie du modèle utilisateur est dynamique en ce qu'elle contient des données qui peuvent évoluer au cours du temps, telles que les performances de l'utilisateur dans la tâche système, des données d'interaction ou les statistiques d'utilisation du système [19, 54].

Établir un modèle de l'utilisateur est une première étape pour permettre l'adaptation : elle permet de renseigner le système sur l'utilisateur. Dans notre état de l'art, nous avons identifié deux approches principales de modèles d'adaptation. La première approche consiste à fournir une adaptation en fonction des actions de l'utilisateur et du système au fur et à mesure de leurs interactions respectives. Des modèles tels que ISATINE [95] ou PDA-LPA [21] incarnent particulièrement cette approche : à chaque action de l'utilisateur, le système procède à une évaluation pour décider s'il doit proposer une adaptation, ou non. D'autres modèles, tels que SAM [57] ou MindDot [147], observent des règles (les politiques d'adaptation pour Gobert *et al.* [57] et les

comportements-types pour Wang et Walker [147]) et ne déclenchent l'adaptation que si ces règles se réalisent.

La seconde approche de modèles d'interaction consiste à prendre en compte un modèle utilisateur pour réaliser l'adaptation, et peut être vue comme une évolution de l'approche précédente, où les actions de l'utilisateur sont compilées dans une structure appelée modèle utilisateur [59]. Le modèle utilisateur peut servir à initialiser le système et faire son adaptation avant que l'utilisateur interagisse avec lui [129], ou procéder en temps réel, au fur et à mesure des actions de l'utilisateur, par exemple dans un contexte vidéoludique [54]. Une approche hybride proposée par Graus et Ferwerda [59] consiste en le choix d'un modèle psychologique adéquat selon le domaine applicatif du système afin de proposer une modélisation de l'utilisateur, basée à la fois sur des données statiques, telles que ses informations démographiques, ou sa personnalité, et des données dynamiques, telles que ses actions dans le système et son utilisation du système. Ce modèle utilisateur hybride alimente ensuite un moteur d'adaptation.

Enfin, comme en psychologie, des chercheurs ont essayé de concevoir des modèles d'IHM à destination de l'activité physique. Le modèle théorique de Niess et Wozniak [112] prend en compte un modèle utilisateur, mais reste abstrait et non implémenté. Les travaux de Mohan *et al.* [106] sont à l'opposé : la définition d'objectifs quotidien et hebdomadaire, les règles logiques d'évolution du coach participent à une intervention structurée, mais semble dénuée d'adaptation aux caractéristiques propres de chaque individu, ce qui modère son intérêt.

Dans le chapitre suivant, nous commençons par synthétiser notre revue de l'état de l'art général en présentant les atouts et les limites des modèles actuels, puis nous présentons notre problématique de recherche. Enfin, nous exposons notre approche et notre méthode de recherche afin de répondre à la problématique énoncée.

CHAPITRE 3 - Problématique

3.1. Synthèse de l'état de l'art général

Dans cette thèse, notre premier objectif est de proposer un modèle d'IHM adaptative pour la motivation à la marche à pied sur téléphone mobile personnel. Notre second objectif est d'implémenter ce modèle dans une application pour mobiles puis de l'évaluer dans des études longitudinales sur le terrain, afin d'étudier l'évolution de la pratique de la marche par les utilisateurs.

Dans le chapitre 2, nous avons présenté un état de l'art général en psychologie et en IHM adaptative. En psychologie, nous avons présenté la Théorie de l'Orienta-tion Régulatrice (TOR [138]), qui décrit deux stratégies d'action des personnes selon leur objectif et la manière d'y parvenir : les orienta-tions régu-latrices (OR) promotion et prévention [38]. L'orientation promotion concerne des situations de gains ou d'absence de gains, des besoins de succès et décrit une sensibilité à la présence ou à l'absence d'issues positives. L'orienta-tion prévention, à l'inverse, concerne des situations de pertes ou d'absence de pertes, des besoins de sécurité et décrit une sensibilité à la présence ou à l'absence d'issues négatives. Chaque individu peut être orienté promotion ou prévention selon le contexte ou la situation [71]. La TOR a été utilisée dans de nombreuses études en persuasion, notamment pour la promotion de la santé et de l'activité physique [25, 53, 121, 122, 124], mais plus rarement directement au cours d'interventions.

Nous nous sommes également intéressés à la Théorie de l'Auto Détermi-nation (TAD [127]), qui décrit trois besoins fondamentaux des individus pour atteindre un état de motivation et de bien-être : l'autonomie, la compétence et l'affiliation [41]. L'autonomie consiste à agir selon ses principes et ses valeurs avec force, volonté et contrôle. La compétence décrit la capacité d'un individu à réaliser une tâche ou un projet en se sentant capable et performant. L'af-filiation est le sentiment d'appartenance à un groupe et de connexion avec d'autres personnes. La TAD est notamment utilisée dans le coaching sportif, où par exemple un comportement visant à renforcer l'autonomie de l'athlète tend à favoriser sa motivation autodéterminée [10, 74]. La transposition vers des modèles informatiques ne produit pas toujours les mêmes effets, voire parfois des effets contre-productifs, et nécessite une conception adaptée [29, 96]. Villalobos-Zuniga et Cherubini [143] proposent en ce sens une taxonomie basée sur la TAD pour relier les fonctionnalités proposées dans des applica-

tions mobiles de coaching à la satisfaction des trois besoins fondamentaux, mais demeure à ce jour plus une description de l'existant qu'un outil utilisé en phase de conception.

Ces deux théories ont prouvé leur utilité pour l'activité physique, chacune de manière indépendante, mais à notre connaissance, jamais ensemble dans un même modèle de motivation à la marche, ce qui nous motive à proposer un modèle d'interaction les combinant.

En IHM adaptative, nous nous focalisons sur l'adaptativité, c'est-à-dire la capacité d'un système à s'adapter à l'utilisateur automatiquement et sans intervention de ce dernier [136], tout en tenant compte d'un modèle utilisateur qui renseigne le système interactif sur l'utilisateur avant l'interaction [19, 51]. Un modèle utilisateur peut être pourvu de deux parties : une partie statique, appelée en général le profil, qui contient des données peu amenées à changer, telles que des informations démographiques, des préférences, des traits de personnalité [24]. L'autre partie du modèle utilisateur est dynamique, contenant des données qui peuvent évoluer au cours du temps, telles que les performances de l'utilisateur dans la tâche du système, des données d'interaction ou des statistiques d'utilisation [19, 54]. L'adaptation se produit ensuite selon deux approches principales, identifiées dans notre revue de la littérature : (1) fournir une adaptation en fonction des actions de l'utilisateur et du système au fur et à mesure de leurs interactions respectives et (2) tenir compte d'un modèle de l'utilisateur pour effectuer l'adaptation des interactions.

Des initiatives pluridisciplinaires existent pour essayer de relier l'IHM adaptative à la motivation, tel que le cadre METUX ("*Motivation, Engagement and Thriving in User Experience*", "*Motivation, engagement et épanouissement dans l'expérience utilisateur*") par exemple, qui est un espace de conception de technologies positives ancré dans la TAD, avec des pistes de réflexion et des questionnaires permettant d'orienter les concepteurs dans leur choix de conception [120]. Une autre approche pluridisciplinaire proposée par Graus et Ferwerda [59] consiste à sélectionner en premier le modèle théorique de la psychologie qui correspond le plus au but final à atteindre, afin de proposer une modélisation de l'utilisateur, basée à la fois sur des données statiques, telles que ses informations démographiques, ou sa personnalité, et des données dynamiques, telles que ses actions dans le système et son utilisation du système. Si cette méthodologie semble intéressante, elle reste "théorique" dans le sens où elle n'est pas mise en œuvre par ses auteurs. Enfin, comme en psychologie, des chercheurs ont essayé de concevoir des modèles d'IHM à destination de l'activité physique. Par exemple, le modèle théorique de Niess et Wozniak [112] prend en compte un modèle utilisateur, mais reste abstrait et non implémenté. Les travaux de Mohan *et al.* [106] sont à l'opposé : la défini-

tion d'objectifs quotidien et hebdomadaire, les règles logiques d'évolution du coach participent à une intervention structurée, mais semble dénuée d'adaptation aux caractéristiques propres de chaque individu, ce qui modère son intérêt.

3.2. Formulation de la problématique de recherche

Depuis le début du chapitre 1, nous présentons comme objectif principal de cette thèse la motivation à la marche : comment faire en sorte de motiver les utilisateurs à marcher plus, à l'aide d'interactions humain-machine adaptées à leur profil. Cet objectif soulève en réalité plusieurs questions, sur différentes thématiques. Dans la synthèse de l'état de l'art général (section 3.1), nous avons esquissé une approche hybride de l'adaptation, mélangeant inspirations théoriques, modèle utilisateur et modèle d'interaction. En psychologie, la TAD permet d'expliquer les différents types de motivation ainsi que les trois besoins individuels requis pour atteindre un état de motivation et de bien-être. La TOR quant à elle décrit les stratégies d'action des individus, et a montré son efficacité dans le domaine de la persuasion et la motivation.

Ces deux théories nous permettraient donc de dépeindre un modèle de l'utilisateur, spécifiquement pour la marche à pied, si nous parvenons à identifier :

- les caractéristiques de l'utilisateur pertinentes pour la motivation à la marche, et notamment celles que nous pouvons inclure dans l'interaction;
- les caractéristiques de la marche à pied qui motivent les utilisateurs, et notamment celles que nous pouvons adapter.

Le modèle utilisateur est ensuite utilisé avant et pendant l'interaction, non seulement pour personnaliser le système à l'utilisateur mais aussi pour continuer à adapter ses interactions au cours du temps. Se posent alors plusieurs questions sur cette adaptation continue :

- Quelles techniques motivationnelles utiliser pour la marche à pied et sur mobile? Quels éléments de ces techniques pouvons-nous adapter à l'utilisateur?
- Comment étudier l'évolution de la motivation des utilisateurs et de leurs comportements?
- Comment étudier les interactions des utilisateurs avec un tel système?
- De quelles mesures avons-nous besoin pour évaluer cette adaptation?

Finalement, la question centrale qui résume nos interrogations est : comment concevoir un modèle d'interaction adaptative basé sur un modèle utilisateur hybride (théorique et données) pour susciter et renforcer la motivation à une activité, et en particulier à la marche à pied, dans un contexte mobile?

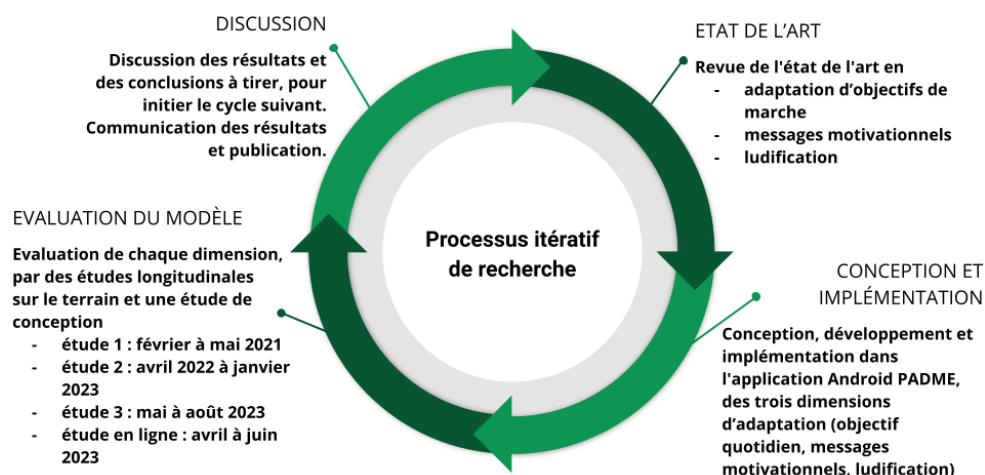


Figure 3.1 – Illustration de notre processus de recherche itératif, de l'état de l'art à la discussion des résultats.

Pour répondre, nos travaux s'articulent autour de deux axes : proposer un modèle d'interactions mobiles adaptées à la personnalité des utilisateurs pour renforcer la motivation à la marche, et évaluer ce modèle par des études terrain longitudinales, par le biais d'une application développée pour mobiles multifonctions. Dans la section suivante, nous présentons la méthode suivie dans nos travaux.

3.3. Approche et méthode proposée

Dans l'introduction, puis avec l'état de l'art, et dans les sections précédentes, nous avons présenté les briques élémentaires pour la conception de notre modèle d'interaction : un modèle de l'utilisateur comprenant des informations statiques (personnalité, motivation) et dynamiques (ses performances dans l'activité) dans une approche par les données; un cadre applicatif précis représenté par la motivation à la marche dans une approche par la théorie, où la TAD et la TOR informent des leviers motivationnels des utilisateurs pour cette activité; une implémentation par le développement d'une application dédiée, sur mobiles multifonctions sur la plateforme Android. Nos travaux s'inscrivant dans le champ des technologies persuasives et motivationnelles, nous observons de près un respect de l'éthique de la recherche dans ce champ, tels que par exemple les sept principes éthiques de [17].

Notre approche de conception, développement, implémentation puis évaluation, se veut itérative, les étapes suivantes se basant sur les étapes précé-

dentes pour aller plus loin (figure 3.1). Si plusieurs dimensions nous ont semblé d'emblée pertinentes à considérer, notamment la personnalité, la motivation et les performances de l'utilisateur, il nous est apparu évident de devoir évaluer chaque dimension d'adaptation indépendamment des autres : commencer par l'adaptation de l'activité physique, richement décrite dans la littérature mais moins lorsque le dispositif de suivi est un téléphone mobile [28]; puis continuer avec l'adaptation de messages motivationnels, cadrés avec la TOR, et mis en oeuvre dans des interactions qui s'inspirent de la TAD; ensuite poursuivre avec l'adaptation de la ludification, augmentée de la TOR.

Ces trois étapes de notre réflexion suivent le même processus :

- une revue de l'état de l'art spécifique du sujet concerné,
- une conception, depuis le modèle jusque dans l'implémentation dans l'application, de la contribution identifiée,
- une évaluation de la contribution, par une étude longitudinale, sur le terrain, validée au préalable par un comité pour l'éthique de la recherche,
- une discussion des résultats et des conclusions à tirer, matériau essentiel pour l'étape suivante de notre recherche, et pour communiquer à ce sujet.

Nous présentons, dans la partie à suivre, ce processus, les trois étapes majeures de ces travaux, et les quatre études menées pour les évaluer.

Deuxième partie

CONTRIBUTIONS SCIENTIFIQUES

Dans cette deuxième partie, nous exposons l'ensemble de nos contributions scientifiques, en suivant l'approche itérative énoncée ci-dessus. Le chapitre 4 concerne l'adaptation de l'objectif quotidien de marche en nombre de pas : nous commençons par dresser un état de l'art de la définition d'objectifs d'activité physique et en particulier de marche à pied, puis nous présentons notre modèle d'adaptation d'un objectif de marche et son implémentation dans une application mobile, pour terminer par l'étude terrain réalisée pour évaluer cette première version du modèle.

Le chapitre 5 suit le même déroulement avec pour objet l'adaptation de messages motivationnels affichés sur le téléphone. L'état de l'art explore la littérature des messages motivationnels conçus pour des interventions de marche à pied. Nous présentons ensuite l'extension de notre modèle pour l'adaptation de messages motivationnels, cadrés avec la TOR. Enfin, nous exposons deux études : la première a pour objet l'évaluation de cette deuxième version du modèle tandis que la seconde tente de valider a posteriori le cadrage des messages textuels motivationnels utilisés dans l'étude terrain.

Le chapitre 6 introduit finalement la ludification et son adaptation. Nous démarrons ce chapitre avec un état de l'art de la ludification des interventions de marche à pied, en nous focalisant sur l'utilisation de la TAD et de la TOR dans ce contexte. Nous présentons ensuite notre approche d'une ludification augmentée avec la TOR en tant qu'extension de notre modèle, et nous détaillons son implémentation dans l'application. Enfin, nous exposons l'étude terrain réalisée pour évaluer cette troisième et dernière version de notre modèle, ainsi que la deuxième partie de l'étude de conception visant à évaluer différents visuels de badges.

CHAPITRE 4 - Adaptation de l'objectif quotidien de marche

4.1. Etat de l'art sur l'activité physique et la marche

4.1.1. Santé, marche et technologies

L'activité physique est l'un des moyens reconnus de prévention des maladies mais il est nécessaire de motiver les personnes à la pratiquer [111]. L'OMS (Organisation mondiale de la santé) recommande par exemple une pratique hebdomadaire de 150 minutes d'activité modérée, ou de 75 minutes d'activité intense [115]. Un équivalent souvent proposé est de marcher 7000 à 11000 pas par jour, dont 3000 pas à un rythme d'au moins 100 pas par minute, ce qui correspond à une activité physique dite modérée, pour des personnes sans pathologie particulière et dans la tranche d'âge 20-65 ans [28, 139]. L'activité peut nécessiter d'être ajustée en fonction de conditions telles que le diabète ou l'âge [139].

Pour atteindre ces recommandations, des dispositifs de suivi de la marche, tels que les podomètres, peuvent être utilisés. Ces derniers ont fait l'objet de nombreuses études, par exemple dans le cadre d'interventions de santé. Ainsi, Chaudhry *et al.* [28], dans leur méta-analyse, indiquent que dès qu'un dispositif de suivi est présent, il augmenterait l'activité physique, ce qui est également avancé par d'autres équipes [12, 22, 36, 37, 119, 123, 130]. Baker *et al.* [12] ajoutent que lorsque le podomètre est utilisé seul, c'est-à-dire sans autre interaction que le nombre de pas qui y est affiché, il ne suffit pas à la poursuite de l'activité physique du participant au-delà de la durée de l'intervention, ce qui tend à suggérer la nécessité de considérer également d'autres éléments d'interaction que le seul affichage du nombre de pas réalisé.

Bravata *et al.* [22] précisent que le facteur décisif pour que cette augmentation de l'activité physique puisse être observée serait la présence d'un objectif à atteindre, qu'il soit défini de manière fixe, comme marcher 10 000 pas par jour, ou calculé en fonction d'un seuil de référence individuel, mesuré au début de l'étude [36, 37].

Ces dernières années, le type d'appareils utilisés pour l'activité physique a évolué. Comme le rapportent Monteiro-Guerra *et al.* [108] et op den Akker *et al.* [5], les téléphones mobiles sont de plus en plus utilisés comme support pour les applications de coaching en activité physique. Ces appareils sont capables de mettre en œuvre plusieurs éléments pour promouvoir la pratique

d'une activité physique, tels que l'envoi de messages de motivation, la définition d'objectifs spécifiques, le retour d'information (*feedback* en anglais) ou l'adaptation, bien que cette dernière reste discrète dans les études rapportées. Les études mentionnées par Chaudhry *et al.* [28] utilisant uniquement des téléphones mobiles ne mentionnent pas d'autres éléments outre une simple suggestion d'un objectif à l'utilisateur. Il serait alors intéressant d'envisager de nouvelles stratégies et moyens plus dynamiques d'adaptation de l'activité physique et des interactions humain-machine, directement dans une application pour téléphone mobile, en utilisant leurs capteurs (mouvement, accéléromètre...) ou d'autres fonctions (vibration, audio...) et leurs interfaces programmables.

Par ailleurs, l'émergence récente de la gestion personnelle et individuelle de la santé (appelée aussi mesure de soi, ou *self quantification* en anglais) passe par différentes mesures (fréquence cardiaque, alimentation, calories...) contribuant à l'atteinte de recommandations [8, 20, 115]. De nombreuses applications fleurissent sur différentes plateformes mobiles et web, mais ces applications n'ont pas forcément de bases théoriques ou d'évaluations expérimentales clairement identifiables, et il est nécessaire de définir des limites afin que leurs effets ne soient pas contre-productifs voire néfastes pour les utilisateurs [104].

4.1.2. La définition d'un objectif

Outre le dispositif de suivi utilisé pour mettre en œuvre l'intervention, la *définition d'un objectif* ("*goal setting*" en anglais), par exemple un nombre de pas à réaliser par jour, est une technique de changement de comportement dans la promotion de l'activité physique et la motivation qui est très fréquemment utilisée dans les dispositifs de suivi et les applications de remise en forme [132]. La "*définition d'un objectif*" telle que proposée par Locke et Latham [94] consiste à "*définir un objectif en prenant en compte le moment où il est atteint, sa source, sa complexité ainsi que les caractéristiques personnelles de la cible de cet objectif*".

Plusieurs études sur les interventions de marche ont utilisé cette technique, en variant les caractéristiques du but et en particulier sa source : d'une autorité externe au participant, comme l'expérimentateur lui-même, un conseiller ou un médecin [12, 36, 119, 123, 130], à une définition explicite par le participant, en l'écrivant sur un support durable comme une feuille de papier ou une application mobile [32, 37, 55, 78, 81, 110, 126] ou un calcul fait par un système informatique, basé sur des règles strictes ou non [1, 2, 11]. Lorsque les objectifs sont réalistes, programmés par petites étapes et actualisés au fil du temps, l'efficacité de la promotion de l'activité physique est renforcée [132].

Dans certaines études, les caractéristiques personnelles de chaque par-

participant sont parfois prises en compte lors de la définition de l'objectif de marche : l'intervention vise alors à proposer une adaptation de l'activité physique à chaque participant. Cette adaptation est essentiellement basée sur l'activité physique passée du participant [1, 37, 119, 142].

Par exemple, l'application "*WalkWithMe*" [55] offre à ses utilisateurs la possibilité de se fixer un objectif en termes de nombre de minutes de marche pendant une période de 10 semaines (la durée de l'intervention). L'application suit la marche par le biais du capteur de mouvement du téléphone mobile, et propose différentes statistiques liées à ces mesures (par exemple, la distance parcourue, la vitesse moyenne).

La "*définition d'un objectif*" semble donc être un élément essentiel de la motivation à l'activité physique, surtout si elle est adaptée à l'utilisateur chaque jour.

4.1.3. Adaptation d'un objectif en nombre de pas

Adams *et al.* [2] ont conçu une intervention adaptative basée sur l'algorithme du centile pour fournir un objectif de pas quotidien. Leur intervention est initialisée pour neuf jours, au cours desquels le participant est invité à marcher comme d'habitude. L'algorithme propose ensuite, le 10^e jour, le 60^e centile des neuf jours précédents, et ainsi de suite les jours suivants, en ne conservant que les neuf derniers jours dans son calcul. Les objectifs de marche quotidienne évoluent chaque jour, pendant toute la durée de l'intervention, sur six mois. Les auteurs ont comparé un groupe avec ces objectifs adaptés à un groupe de contrôle, sans adaptation, avec pour seule consigne de marcher 10 000 pas par jour.

L'intervention a été complétée par une dimension motivationnelle, avec de courts messages (par courriel ou SMS) adressés aux deux groupes pour encourager l'activité physique et ses bienfaits, aux mêmes heures et dans le même ordre, tels que "*Une activité physique régulière aide à prévenir le diabète de type 2, les maladies cardiaques et la prise de poids. Trouvez le temps de faire de l'activité physique dans les 2 heures!*". Les deux groupes ont également reçu un retour d'information, sous forme de messages textuels (par courriel ou SMS), différencié selon le groupe : pour l'intervention de contrôle, une incitation sur le plan sociétal, par exemple "*Bien joué! N'oubliez pas que faire 10 000 pas par jour vous rapproche d'une bonne santé*".

Pour l'intervention adaptative, le retour d'information dépend de la performance du participant : si l'objectif n'est pas atteint, un simple message confirme le nombre de pas réalisés. Au contraire, si l'objectif est atteint, le retour d'information est encourageant et félicite le participant pour sa performance. Les résultats de leur étude tendent à indiquer une différence en

faveur du groupe adapté, avec une augmentation six mois après l'étude de 2700 pas par jour, par rapport au groupe témoin, avec une augmentation de 1600 pas par jour. Si ces résultats indiquent qu'un objectif adapté à l'individu est plus recommandé qu'un objectif fixe, les auteurs ne précisent pas l'impact des messages motivationnels sur ces résultats.

Il est donc difficile de savoir précisément si ces résultats positifs sont dus aux messages motivationnels dans l'intervention, ou à la définition de l'objectif (le nombre de pas à réaliser chaque jour). De plus, il pourrait être intéressant de donner des messages différents aux participants, plus personnels ou plus adaptés à leur personnalité, ce qui est également connu sous le nom de "*tailoring*" des messages de motivation [5, 6]. L'adaptation de messages motivationnels à la personnalité de l'utilisateur est l'objet du chapitre 5.

La "*définition d'un objectif*" peut également être incluse directement dans un dispositif portable tel qu'un téléphone mobile. Des études récentes montrent que les interventions de marche basées sur l'utilisation de téléphones mobiles ont également un effet positif sur le nombre de pas, même si elles ne sont pas nécessairement plus performantes que les dispositifs précédents, tels que les podomètres [28]. Cependant, à la lecture des études utilisant uniquement des téléphones mobiles pour fournir la "*définition d'un objectif*" dans la revue de Chaudhry *et al.* [28], il est clair que ces interventions ne fournissent pas d'objectif sur mesure ou d'autre stratégie de motivation directement sur le téléphone. Alors que les applications sur téléphone permettent d'informatiser l'adaptation de la définition d'un objectif, en fonction d'un profil utilisateur fourni en entrée du système par exemple, peu d'études s'y intéressent et choisissent d'explorer ce sujet.

4.1.4. Résumé de l'état de l'art sur l'activité physique et la marche

Malgré les nombreuses recommandations en matière d'activité physique, malgré les nombreuses études et interventions de marche et leurs résultats positifs, le constat est flagrant : nous ne sommes pas suffisamment actifs [35, 76, 115], et motiver à l'activité physique et à la marche en particulier n'est ni simple, ni évident [111], malgré les bénéfices que la marche régulière apporte sur la santé et le bien-être des individus [25, 68, 115]. Parmi ces nombreuses interventions, nous retenons deux aspects importants : la présence d'un dispositif de suivi améliore l'activité physique [12, 22, 28, 36, 37, 119, 123, 130] et la définition d'un objectif est décisive dans cette amélioration [22]. Parmi les dispositifs de suivi disponibles, le podomètre tient une place historique, mais il est peu à peu remplacé par d'autres, et notamment les mobiles multifonctions [28, 108]. Cette migration s'accompagne en parallèle d'une autre pratique en plein essor, la gestion personnelle et individuelle de la santé, où les indivi-

des procédures à plusieurs mesures (fréquence cardiaque, activité physique, calories, alimentation...) pour gérer leur santé et leur bien-être [8, 20].

Quant aux objectifs, ils nécessitent d'être réalistes, mis à jour au cours du temps, et exécutés par petits incréments pour être vraiment efficaces [132]. Ces caractéristiques se retrouvent dans la notion d'adaptation : un objectif adapté à l'utilisateur a vocation à lui permettre une évolution graduelle. Cette adaptation est essentiellement basée sur l'activité physique passée du participant [1, 37, 119, 142]. Dans le cadre de la marche, le nombre de pas est souvent utilisé à la fois comme retour d'information et comme mesure d'un objectif [28, 108]. L'adaptation d'un objectif quotidien en nombre de pas est d'ailleurs ce que proposent Adams *et al.* [2], en utilisant l'algorithme du centile. Chaque jour, un expérimentateur envoie un courriel à chaque participant avec leur objectif adapté pour le jour suivant. L'objectif est calculé en prenant le 60^e centile des neuf derniers jours de marche du participant. Nous nous inspirons de ces travaux pour proposer un objectif quotidien adapté aux performances des utilisateurs sur mobiles, dans la section suivante.

4.2. Modèle PADME : dimension "adaptation de l'objectif quotidien de marche"

L'objectif du modèle PADME (*Personality-based Adaptive moDel for Motivation in E-health*, soit en français *Modèle Adaptatif basé sur la Personnalité pour la Motivation en E-santé*) est de combiner des éléments du profil de l'utilisateur, de ses performances et des interactions entre l'utilisateur et l'application mobile, au sein d'une adaptation globale de l'application, afin de développer, maintenir ou renforcer la motivation à marcher. Dans la suite du manuscrit, nous utilisons le terme PADME pour désigner de manière interchangeable le modèle d'interaction ou l'application Android qui l'implémente.

Cette section présente la dimension "adaptation de l'objectif quotidien de marche", première dimension d'adaptation du modèle (figure 4.1) ainsi que la manière dont nous l'avons implémenté dans une application sur téléphone mobile.

4.2.1. Le choix de la plateforme

Nous avons choisi de développer l'application sur le système d'exploitation Android de Google pour deux raisons. Tout d'abord, Android est la principale plateforme mobile en France, avec, en septembre 2019, 82% des parts de marché d'après l'entreprise Kantar World Panel¹. Ce score reste relative-

1. Source : <https://www.kantarworldpanel.com/global/smartphone-os-market-share/>

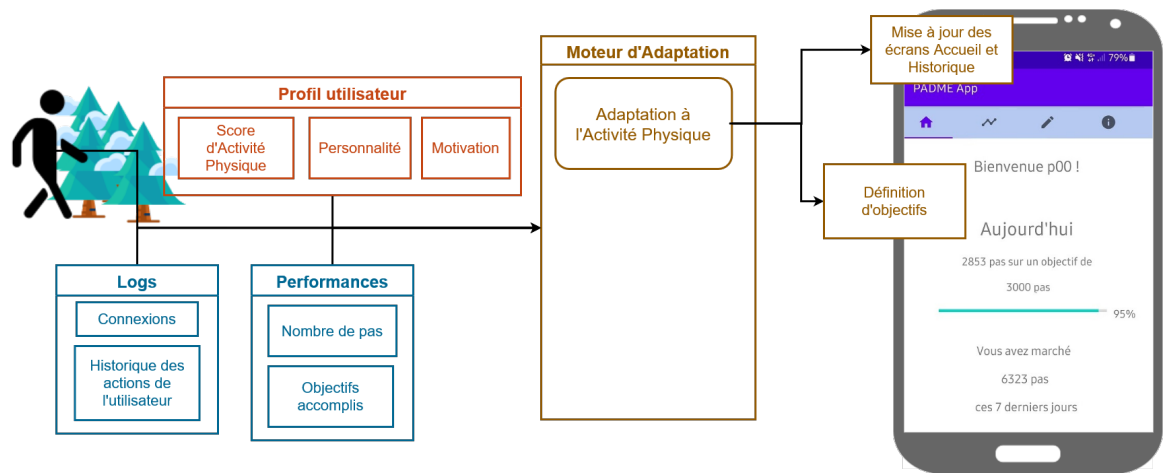


Figure 4.1 – Modèle PADME. En rouge, le profil de l'utilisateur, en bleu les données de l'application et les performances, en marron le moteur d'adaptation et les composants adaptés.

ment stable en septembre 2023, avec 78% des parts de marché. Le deuxième système d'exploitation le plus utilisé en France est iOS d'Apple, avec, pour septembre 2019, 18% des parts de marché, et pour septembre 2023, 21%. Stat-Counter², un autre service de mesure des parts de marché, rapporte des nombres similaires : 72% pour Android et 27% pour iOS en septembre 2019, et 65% pour Android et 34% pour iOS en septembre 2023. Android est donc le système d'exploitation le plus utilisé en France, avec une longue avance sur son plus proche concurrent.

La seconde raison est économique : Android est une plateforme en source ouverte et permet à quiconque de développer une application gratuitement, sans passer par le magasin officiel d'application. En comparaison, iOS nécessite le paiement d'une taxe annuelle de 99 \$³.

4.2.2. Le profil de l'utilisateur

Le profil et ses dimensions (score d'activité physique, motivation, personnalité) constituent des éléments statiques du modèle. Ceux-ci sont mesurés lors de la création du profil de l'utilisateur. Le niveau d'activité physique est mesuré par le questionnaire IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire*, Questionnaire International d'Activité Physique [34]) en version française et courte, c'est-à-dire avec seulement 7 items. Il permet d'obtenir deux scores représentant la quantité d'activité physique effectuée les sept derniers jours. Le premier score est un score continu, exprimé en MET-minutes par semaine. MET signifie "*Metabolic Equivalent of Task*" en anglais, soit équivalent méta-

2. Source : <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/france/>

3. Source : <https://developer.apple.com/fr/support/compare-memberships/>

bolique d'une tâche. L'équivalent métabolique est une méthode permettant d'estimer l'intensité d'une activité physique et sa dépense énergétique [4]. Dans le questionnaire IPAQ, trois activités sont mentionnées pour lesquelles les METs sont connus :

- la marche équivaut à 3.3 METs,
- une activité d'intensité modérée équivaut à 4 METs,
- une activité d'intensité élevée équivaut à 8 METs.

Pour chaque activité, les METs-minutes par semaine sont obtenus par la multiplication du facteur propre à l'activité, de la durée quotidienne et du nombre de jours dans la semaine. Le score continu est la somme des trois activités reportées par un sujet. Par exemple, si chaque activité susmentionnée est réalisée 30 minutes par jour, 5 jours par semaine :

- La marche représente : $3.3 \times 30 \times 5 = 495$ MET-minutes par semaine.
- Une activité d'intensité modérée représente : $4 \times 30 \times 5 = 600$ MET-minutes par semaine.
- Une activité d'intensité élevée représente : $8 \times 30 \times 5 = 1200$ MET-minutes par semaine.

Soit un total, pour cet exemple, de 2295 MET-minutes par semaine.

Le second score est un score catégoriel, dans lequel trois niveaux d'activité physique sont proposés :

- Niveau 1 : faible. Il est défini lorsqu'aucune activité n'est reportée, ou lorsque l'activité reportée n'atteint pas les niveaux 2 ou 3.
- Niveau 2 : modéré. Ce niveau correspond à l'un des trois critères suivants :
 - Le sujet déclare au moins 3 jours d'activité d'intensité élevée pendant au moins 20 minutes par jour,
 - Le sujet déclare au moins 5 jours d'activité d'intensité modérée et/ou de marche pendant au moins 30 minutes par jour,
 - Le sujet déclare au moins 5 jours d'activité combinant la marche, des activités d'intensité modérée ou élevée, atteignant au moins 600 MET-minutes par semaine.
- Niveau 3 : élevé. Ce niveau correspond à l'un des deux critères suivants :
 - Le sujet déclare une activité d'intensité élevée au moins 3 jours par semaine et atteignant au moins 1500 MET-minutes par semaine,
 - Le sujet déclare au moins 7 jours d'activité combinant la marche des activités d'intensité modérée ou élevée et atteignant au moins 3000 MET-minutes par semaine.

Pour l'exemple ci-dessus, le sujet est de niveau 3, activité physique élevée, car le premier critère de ce niveau est validé.

Le score catégoriel de l'utilisateur est utilisé pour initialiser les objectifs quotidiens de marche, avant la mise en place de l'adaptation (voir section sui-

vante pour le détail du fonctionnement).

La motivation à l'activité physique est mesurée par le questionnaire EMAPS (*Échelle de Motivation pour l'Activité Physique à des fins de Santé* [20]) qui est composé de 18 items. Il permet d'obtenir des scores dans chaque type du continuum de la motivation de la TAD, appliquée au domaine de l'activité physique : amotivation, régulation externe, régulation introjectée, régulation identifiée, régulation intégrée et motivation intrinsèque. Chaque score s'exprime dans un intervalle de 3 à 21, où un score élevé indique une forte motivation et un score bas une faible motivation. Chaque score est obtenu par addition des scores individuels des questions relatives à ce type de motivation. En particulier :

- Les items 1, 6 et 11 concernent la motivation intrinsèque,
- Les items 7, 10 et 13 concernent la régulation intégrée,
- Les items 4, 12 et 16 concernent la régulation identifiée,
- Les items 3, 14 et 18 concernent la régulation introjectée,
- Les items 9, 15 et 17 concernent la régulation externe,
- Les items 2, 5 et 8 concernent l'amotivation.

L'orientation régulatrice (OR) des utilisateurs a été mesurée par le questionnaire EORAP (*Échelle des Orientations Régulatrices dans l'Activité Physique* [87]), qui est composé de six items. Il permet d'obtenir les scores promotion et prévention de l'utilisateur, spécifiquement pour l'activité physique. Trois items mesurent la stratégie promotion et trois items mesurent la stratégie prévention. Les scores promotion et prévention, entre 3 et 18, sont calculés. L'orientation chronique est déterminée par comparaison des deux scores : le score le plus élevé est considéré comme chronique. Si les deux scores sont égaux, cela signifie que l'utilisateur n'est pas plus sensible à l'une ou à l'autre des orientations [87], ce que nous désignons dans la suite comme "orientation neutre".

4.2.3. Le fonctionnement en arrière-plan

En arrière-plan, plusieurs composants et notamment un service Android lié à l'application s'exécutent en continu et permettent de compléter le fonctionnement du modèle PADME.

Les performances (nombre de pas, nombre d'objectifs atteints, temps d'activité...) et les interactions de l'utilisateur avec le système constituent les éléments dynamiques du modèle, car variables sur une base journalière. Les performances et le score d'activité physique sont introduits dans le mécanisme d'adaptation de l'activité physique afin de produire un objectif quotidien adapté au niveau de l'utilisateur. Cet objectif est ensuite proposé à l'utilisateur par le biais de l'interface de l'application mobile, et est renouvelé chaque jour, pour tenir compte de ses performances les plus récentes.

L'algorithme utilisé pour le calcul de l'objectif quotidien s'inspire de celui de Adams *et al.* [2], dont une présentation est faite dans la section 4.1.3. Dans notre implémentation, l'algorithme sélectionne les performances de marche passées de l'utilisateur (le nombre de pas réalisés), de 2 à 9 jours en arrière à partir du jour courant, puis récupère le 60^e centile de cette série. Cette valeur, arrondie à la centaine supérieure, constitue le nouvel objectif. La figure 4.2 décrit le processus de notre algorithme.

Le calcul est effectué chaque jour, en début de journée. Il n'y a pas d'adaptation dynamique en dessous de 3 jours. L'objectif de marche est défini par la dimension "niveau d'activité physique" du profil de l'utilisateur, pour les premier et deuxième jours :

- un utilisateur "peu actif" commence à 1000 et 2000 pas respectivement
- un utilisateur "actif" commence à 5000 et 6000 pas respectivement
- un utilisateur "très actif" commence à 8000 et 9000 pas respectivement

Par exemple, pour illustrer : si un utilisateur X est évalué comme "actif", ses objectifs les deux premiers jours seront de 5000 et 6000 pas. Disons que monsieur X a marché 4538 et 6423 pas sur ces deux jours. Au matin du troisième jour, l'algorithme du centile se met en route, et calcule l'objectif adapté en se basant sur la série : 4538, 6423. En l'occurrence, l'objectif du troisième jour est 6500 : l'algorithme a calculé que le 6^e décile de la série disponible était 6423, quantité arrondie à la centaine supérieure, 6500.

Un exemple avec des données au-delà de dix jours est présenté sur la figure 4.2 ci-dessus.

Le service Android est un composant invisible qui s'exécute en continu, qui permet de réaliser des tâches qui ne nécessitent pas l'intervention de l'utilisateur et sans besoin d'avoir l'application au premier plan ou même ouverte. Dans l'application PADME, le service Android permet le suivi en temps réel de la marche, dès qu'un pas est détecté, ainsi que la mise à jour des données quotidiennes : statut de l'objectif quotidien (accompli ou non) et statut des notifications (au démarrage de l'appareil, au début de la journée, pour le questionnaire de fin de journée).

D'autres composants invisibles, appelés "*Worker*⁴" (terme technique non traduit) ont des charges de sauvegarde et de gestion de données, programmées selon un cycle ou une heure précise :

- Réinitialiser les données quotidiennes à chaque nouvelle journée, à minuit et cinq secondes
- Sauvegarder dans un fichier le nombre courant de pas toutes les quinze minutes

4. Source : <https://developer.android.com/reference/androidx/work/Worker>

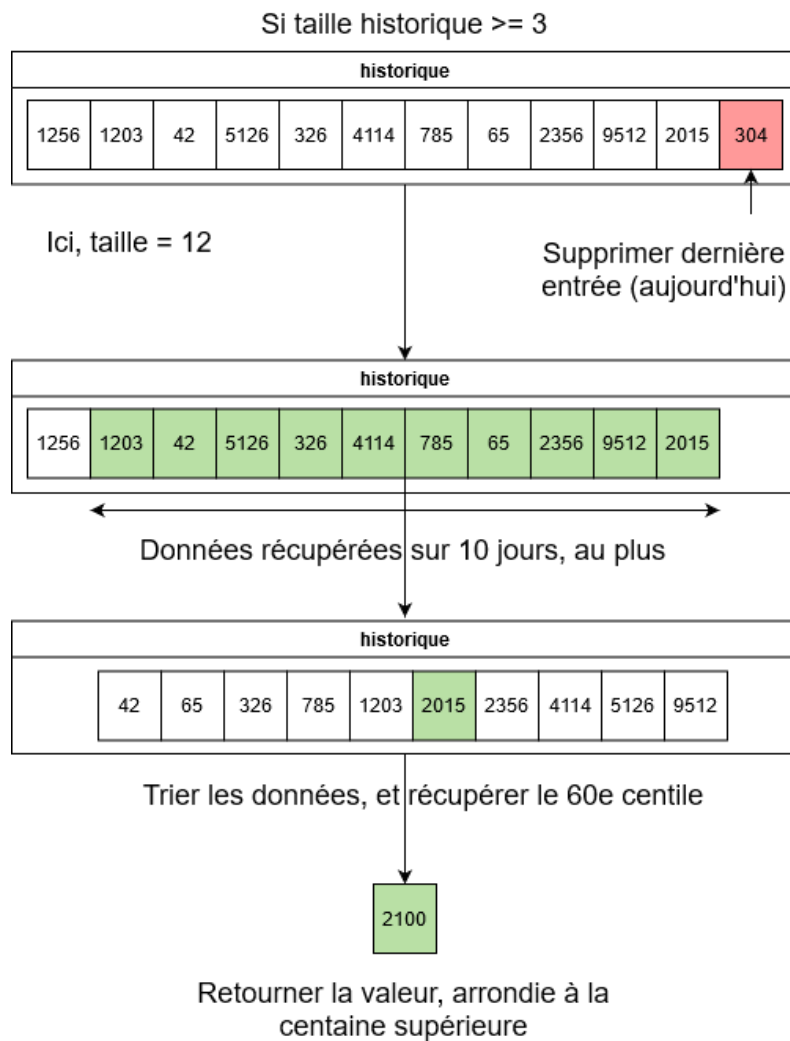


Figure 4.2 – Fonctionnement de l’algorithme du centile dans l’application PADME. Dans chaque case figure le nombre de pas réalisés durant une journée donnée. L’axe horizontal est celui du temps.

- Envoyer en base de données le contenu des fichiers de l'application contenant les données de l'utilisateur :
 - L'historique, toutes les deux heures,
 - les réponses au questionnaire quotidien, au moment de sa validation par l'utilisateur,
 - les objectifs calculés, toutes les huit heures,
 - les historiques de log et de crash, toutes les six heures,
 - les données de création du profil, au moment de la validation de la création

Les *Workers* continuent de fonctionner même si l'application est fermée, et ne sont actifs que pour la durée de leurs tâches respectives.

4.2.4. L'interface graphique

L'application PADME comporte quatre écrans disposés en onglets (figure 4.3). La navigation en onglets est recommandée par Google lorsque l'application contient peu d'onglets et lorsque le contenu des onglets est d'importance égale⁵. Le contenu de chaque onglet a ensuite été conçu en collaboration avec nos encadrants de thèse, avec une focalisation sur la mise en évidence de l'objet de l'adaptation. En l'occurrence, l'écran d'accueil ne contient que des informations sur les performances de l'utilisateur, avec :

- Le nombre exact de pas et l'objectif quotidien adapté,
- Une barre de progression et le pourcentage associé,
- La somme des pas des sept derniers jours.

Tout au long du développement de l'interface, nous avons mis à contribution les chercheurs membres de l'équipe et leurs stagiaires pour vérifier que les onglets et leur contenu étaient correctement compris.

L'écran d'historique liste depuis le jour de l'installation : la date, l'objectif de chaque jour et le nombre de pas marchés.

L'écran de questionnaire quotidien propose un questionnaire à trois items pour recueillir les impressions quotidiennes de l'utilisateur et lui donner un espace où s'exprimer ou communiquer. Le questionnaire quotidien est composé de trois questions :

- "*Comment avez-vous perçu l'objectif de X pas ?*" Avec X l'objectif quotidien personnalisé à l'utilisateur.
- "*Comment percevez-vous le nombre de pas affiché ?*"
- "*Que pensez-vous de votre performance d'aujourd'hui ?*"

Pour chaque question, les réponses sont des échelles de Likert en 5 points, de 1 "*pas du tout réalisable / pertinent / satisfait*" à 5 "*tout à fait réalisable / pertinent / satisfait*".

5. Source : <https://m1.material.io/patterns/navigation.html>

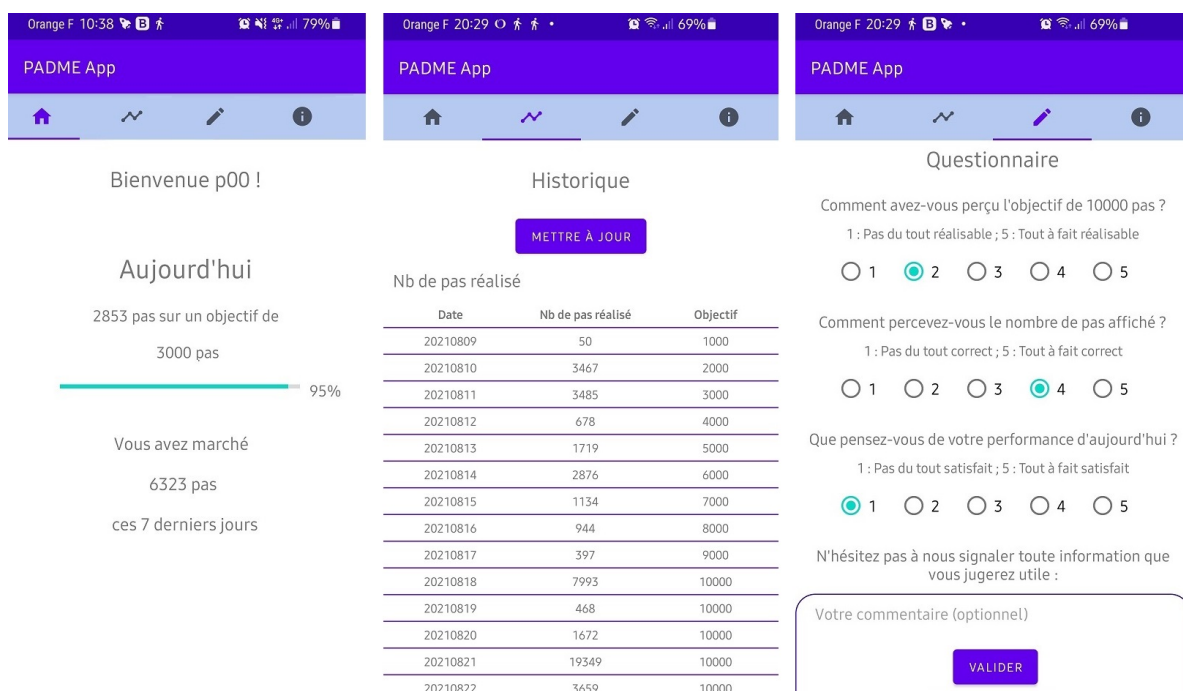


Figure 4.3 – Captures d’écran de l’application PADME pour Android :
à gauche : l’écran d’accueil ;
au milieu : l’écran de l’historique des nombres de pas de chaque jour ;
à droite : le questionnaire quotidien optionnel.

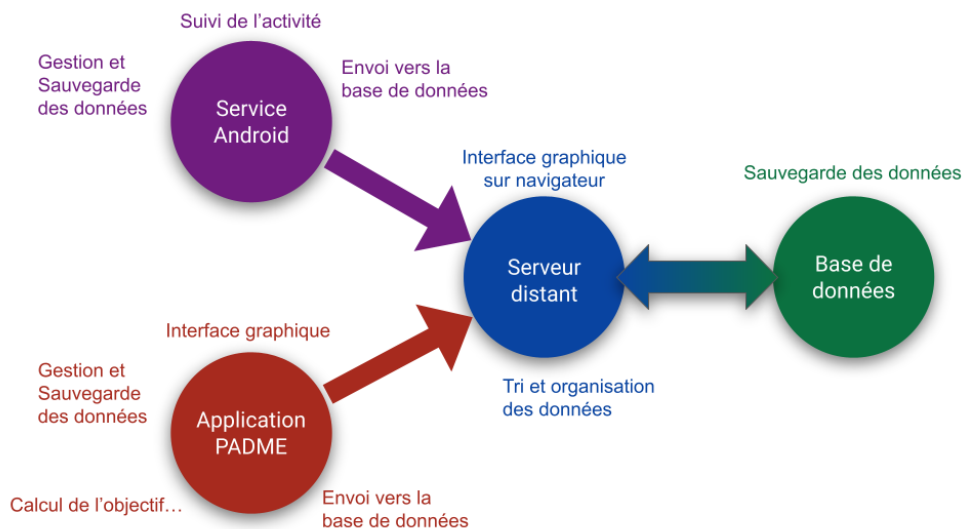


Figure 4.4 – Architecture générale du système.

Un quatrième item consistait en un encart à texte libre, permettant à l'utilisateur de s'exprimer ou de remonter une information. Cet encart était précédé du texte : "*N'hésitez pas à nous signaler toute information que vous jugerez utile*".

Enfin, l'écran d'à propos explique le but de l'expérience et donne des informations de contact des expérimentateurs, ainsi que des informations sur l'application (numéro de version).

4.2.5. Le serveur distant

Les données collectées et les fichiers créés par l'application (l'interface graphique et le service Android) sont envoyés dans une base de données, sur un serveur sécurisé de l'Université (figure 4.4).

Ce serveur communique avec une base de données pour sauvegarder les données issues de l'application, et pour les trier et les organiser en vue de leur analyse, dans une interface graphique destinée aux expérimentateurs accessible par navigateur que nous avons également développée pour permettre l'analyse des données collectées.

La désinstallation de l'application met fin au suivi effectué, ainsi qu'à la transmission des données collectées vers la base de données distante et efface définitivement les fichiers créés par l'application du téléphone, sans possibilité de récupération.

4.2.6. Résumé de la dimension "adaptation d'un objectif quotidien de marche"

Dans cette section, nous avons présenté notre modèle PADME, signifiant Personality-based Adaptive moDel for Motivation in E-health, soit en français Modèle Adaptatif basé sur la Personnalité pour la Motivation en E-santé, et notamment la dimension d'adaptation d'un objectif quotidien en nombre de pas. Ce modèle est implémenté dans une application Android du même nom, que nous avons également décrite. Cette première itération de notre modèle contribue à notre objectif principal : motiver l'utilisateur à la marche par des interactions motivationnelles et personnalisées.

Nous avons choisi d'implémenter le modèle sur la plateforme Android pour deux raisons : l'une pratique, puisque Android (Google) représentait 82% des parts de marché en France en septembre 2019, et encore 78% en septembre 2023, loin devant iOS (Apple) avec respectivement 18% et 21% des parts de marché sur les mêmes périodes. L'autre raison est économique : développer sur Android est gratuit, la plateforme étant en source ouverte, et cela ne nécessite pas de passer par un magasin d'applications, au contraire de iOS. Sur iOS, la licence de développement coûte 99 \$ par an.

Nous avons présenté le modèle utilisateur que nous avons construit, en détaillant notamment les questionnaires desquels sont issus les grandeurs statiques du modèle : le score et le niveau d'activité physique sont issus de l'IPAQ [34], la motivation à l'activité physique est mesurée par l'EMAPS [20] et l'orientation régulatrice (OR) des utilisateurs est mesurée par l'EORAP [87]. Le modèle utilisateur est complété par des données dynamiques, telles que l'historique du nombre de pas quotidiens ainsi que les interactions de l'utilisateur avec le système.

Nous avons également détaillé le fonctionnement technique de l'application, à deux niveaux : une partie visible, avec laquelle l'utilisateur peut interagir, et une partie invisible, qui s'exécute en arrière-plan. L'utilisateur interagit avec la partie visible, l'interface graphique de PADME, laquelle est constituée de quatre onglets : un accueil, un historique, un questionnaire quotidien, et une page d'informations. Sur l'accueil figure un retour d'information sur le nombre de pas du jour, ainsi que la somme des pas des sept derniers jours. L'historique liste la date, le nombre de pas marchés et l'objectif adapté depuis le premier jour. Le questionnaire quotidien est un espace d'expression, optionnel, pour l'utilisateur. Enfin, la page d'information renseigne l'utilisateur sur le but de l'application et de l'étude à laquelle il participe. Elle donne également des informations de contact des expérimentateurs.

La partie invisible est constituée de plusieurs composants qui interagissent à la fois avec l'interface graphique et entre eux. Un service Android permet le

suivi en continu et en temps réel de la marche ainsi que la mise à jour de données quotidiennes, comme les statuts de l'objectif et des envois de notifications. Des Workers (terme technique non traduit) ont la charge de sauvegarder et gérer les données, par des sauvegardes locales des fichiers et des envois réguliers au serveur et à la base de données. Le serveur hébergé par l'Université Paris-Saclay communique avec la base de données pour enregistrer les données des utilisateurs d'une part, et les afficher sur l'interface web que nous avons développée d'autre part.

Dans la section suivante, nous présentons notre première étude qui vise à évaluer la dimension d'adaptation d'un objectif quotidien en nombre de pas sur mobile de notre modèle.

4.3. Etude n°1 : Adaptation dynamique d'un objectif en nombre de pas

4.3.1. Contexte et intérêt de l'étude

L'état de l'art de l'activité physique et de la marche en particulier (section 4.1) a montré que les interventions de marche sur mobile n'utilisent pas ou peu l'adaptation d'un objectif de marche, alors même que cette technique a fait ses preuves sur d'autres dispositifs [28]. La plupart des interventions de marche utilisent également d'autres techniques de motivation, ce qui ne permet pas de conclure sur l'impact de l'objectif seul comme moyen de motivation. Depuis quelques années, nous assistons à l'émergence d'une gestion personnelle de la santé [8] qui s'est traduit par de nombreuses études sur l'impact des interventions sur la marche et l'utilisation du nombre de pas quotidien comme indicateur pour motiver à l'activité physique [93, 146]. Des méta-revues questionnent cependant l'intérêt de proposer des informations supplémentaires sur la performance, qui tendraient plutôt à distraire les utilisateurs [28]. Nous avons ensuite décrit notre modèle PADME et sa dimension "adaptation d'un objectif quotidien de marche" dans la section 4.2, en présentant pour la première fois l'application Android développée pour implémenter le modèle. Nous proposons à présent une première étude pour évaluer cette dimension de notre modèle.

4.3.2. Hypothèses

L'hypothèse principale de cette étude est qu'un objectif quotidien adapté en nombre de pas au niveau initial d'activité physique ainsi qu'aux performances quotidiennes de marche de l'utilisateur permet une amélioration de son niveau d'activité physique et une augmentation progressive de la marche, en vue de l'atteinte des recommandations d'activité physique quotidienne et hebdomadaire [76, 115].

La littérature a montré qu'un objectif adapté et un retour d'information sur la marche renforcent le volume de marche des participants [12, 22, 36, 37, 119, 123, 130], mais peu d'études se sont intéressées au mobile multifonction pour proposer un objectif adapté à l'utilisateur, ou d'autres interactions motivationnelles adaptatives directement sur le téléphone [28].

Notre hypothèse principale se décline ainsi en plusieurs sous-hypothèses :

- H1 : Un objectif quotidien adapté permet une augmentation au cours du temps du nombre de pas quotidien plus importante qu'un objectif non adapté.
- H2 : Un objectif quotidien adapté améliore davantage le niveau d'activité physique général (IPAQ) de l'utilisateur au cours du temps qu'un objectif non adapté.
- H3 : L'utilisation d'une application proposant un objectif quotidien adapté renforce la motivation à la marche des utilisateurs.
- H4 : Une application comportant un objectif quotidien adapté de marche est plus facile à utiliser qu'une application sans objectif adapté.

4.3.3. Méthode

4.3.3.1. Participants

Trente-deux adultes (21 femmes, 11 hommes) se sont portés volontaires pour participer à cette étude. Les participants ont été recrutés par courriel envoyé sur des listes de diffusion (listes internes au laboratoire, et par le biais d'organismes tels que l'Association Francophone de l'Interaction Humain-Machine (AFIHM) et le Relais d'Information sur les Sciences de la Cognition (RISC)). Pour participer à l'étude, les utilisateurs devaient être majeur, comprendre le français écrit, ne pas avoir de contre indication à la pratique d'activité physique et posséder un téléphone Android en version minimale 5.0.

A l'issue de l'évaluation, sur les 32 volontaires recrutés, 25 ont participé à l'intervention durant 4 semaines. Parmi les 7 participants n'ayant pas été pris en compte, 4 ont eu des problèmes techniques avérés entre l'application et le téléphone, 2 participations invalides sont dues à un capteur de pas non détecté par l'application (sans savoir si le modèle de téléphone possède ou non un tel capteur) et 1 participation comportait moins de la moitié des données, pour des raisons inconnues. Sur les 25 participants ayant complété l'évaluation, il y a 17 femmes et 8 hommes, âgés de 21 à 63 ans.

Malgré le nombre restreint de participants ayant terminé l'étude (25 personnes), nous essayons quand même de faire des analyses et de comparer les conditions entre elles. Aussi, les résultats et leurs interprétations sont à relativiser au regard de ce nombre.

4.3.3.2. Mesures

Différentes données sont enregistrées au cours de cette étude : des données comportementales, mesurées par le biais de l'application, et des données subjectives, obtenues par des questionnaires.

Données de l'application.

L'application mobile implémente le modèle PADME et sert d'appareil de mesure et de collecte des données de l'utilisateur, notamment de manière quotidienne :

- le nombre de pas,
- le nombre de consultations de l'historique,
- le nombre de connexions à l'application,
- les objectifs journaliers en nombre de pas,
- les réponses au questionnaire quotidien optionnel.

Le questionnaire quotidien est détaillé dans la section 4.2.4.

Données de questionnaires.

Les données subjectives enregistrées par l'utilisateur sont ses réponses aux questionnaires. Tous les questionnaires sont fournis en annexe, avec les calculs de scores le cas échéant. Les questionnaires remplis au début de l'étude ont été implémentés directement dans l'application mobile. Ils alimentent le profil de l'utilisateur sur le téléphone.

Le niveau d'activité physique est mesuré par le questionnaire IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire, Questionnaire International d'Activité Physique* [34]) et la motivation à l'activité physique est mesurée par le questionnaire EMAPS (*Échelle de Motivation pour l'Activité Physique en Santé* [20]). Ils sont décrits dans la section 4.2.1. sur le profil de l'utilisateur de notre modèle.

Les utilisateurs ont répondu à ces deux questionnaires avant d'utiliser l'application afin de déterminer leur profil motivationnel ainsi que leur niveau d'activité physique de référence. Les utilisateurs ont été invités à répondre à nouveau à ces questionnaires à l'issue de l'intervention (c'est-à-dire à l'issue des quatre semaines d'utilisation de l'application de marche) afin de mesurer l'évolution de leur profil motivationnel et de leur niveau d'activité physique après utilisation de l'application.

Au début de l'intervention, l'orientation régulatrice des utilisateurs a été mesurée par le questionnaire EORAP (*Échelle des Orientations Régulatrices dans l'Activité Physique* [87]), également décrit en section 4.2.1.

Enfin, à l'issue de l'intervention, l'utilisabilité de l'application a également été mesurée via la passation du questionnaire F-SUS, la version française validée du questionnaire SUS (*System Usability Scale, Échelle de l'Utilisabilité d'un Système* [61]). Il est composé de 10 items et renvoie un score entre 0 et 100 dé-

crivant l'utilisabilité de l'application, où un score élevé indique une meilleure utilisabilité.

Tous les questionnaires remplis à la fin de l'étude l'ont été par un questionnaire unique en ligne hébergé sur un serveur LimeSurvey⁶ du laboratoire.

4.3.3.3. Conditions expérimentales

Les participants ont été répartis de manière équilibrée entre les trois conditions expérimentales (figure 4.5). Les trois conditions ont la même durée d'intervention (un mois). La différence entre les conditions réside dans le calcul, le cas échéant, de l'objectif quotidien de marche proposé chaque jour au participant.

Dans la **condition 1, "adaptée"**, nous proposons au participant un objectif journalier de marche adapté à son score IPAQ durant les deux premiers jours de l'intervention. L'adaptation est ensuite dynamique pour le reste de l'intervention, selon les performances de l'utilisateur lors des jours précédents, en se basant sur l'algorithme du centile, jusqu'à 10 jours [2].

Dans la **condition 2, "non adaptée"**, nous proposons une adaptation statique de l'objectif quotidien, en fonction du score IPAQ du participant, qui constitue un "seuil de départ". L'objectif est ensuite augmenté de 1000 pas par jour jusqu'à 10000 pas, comme en condition 3 [28, 139].

Dans la **condition 3, "contrôle"**, nous ne proposons pas d'objectif adapté. Le premier jour un objectif de 1000 pas est proposé au participant et cet objectif augmente de 1000 pas les jours suivants jusqu'à 10 000 pas [139], et ce quel que soit le nombre de pas réalisés par l'utilisateur.

Nous avons choisi ces 3 conditions afin de pouvoir évaluer l'impact d'un objectif de nombre de pas journalier adapté dynamiquement au niveau d'activité physique de l'utilisateur et à ses performances quotidiennes de marche.

4.3.3.4. Protocole

Ce protocole a reçu un avis favorable du comité d'éthique de la recherche de l'Université Paris-Saclay (CER PS) avec la référence *CER-Paris-Saclay-2021-002* (en annexe).

Avant le démarrage de l'étude, tous les participants ont signé une notice d'informations et de consentement éclairé (voir documents fournis en annexe de la thèse). Un lien pour télécharger et installer l'application sur leur téléphone leur a ensuite été envoyé. Chaque participant a reçu un identifiant de connexion, sous la forme "pXX" avec XX un nombre, par exemple p38 ou p42, avec lequel créer leur profil. La création du profil requiert notamment

6. <https://www.limesurvey.org/fr>

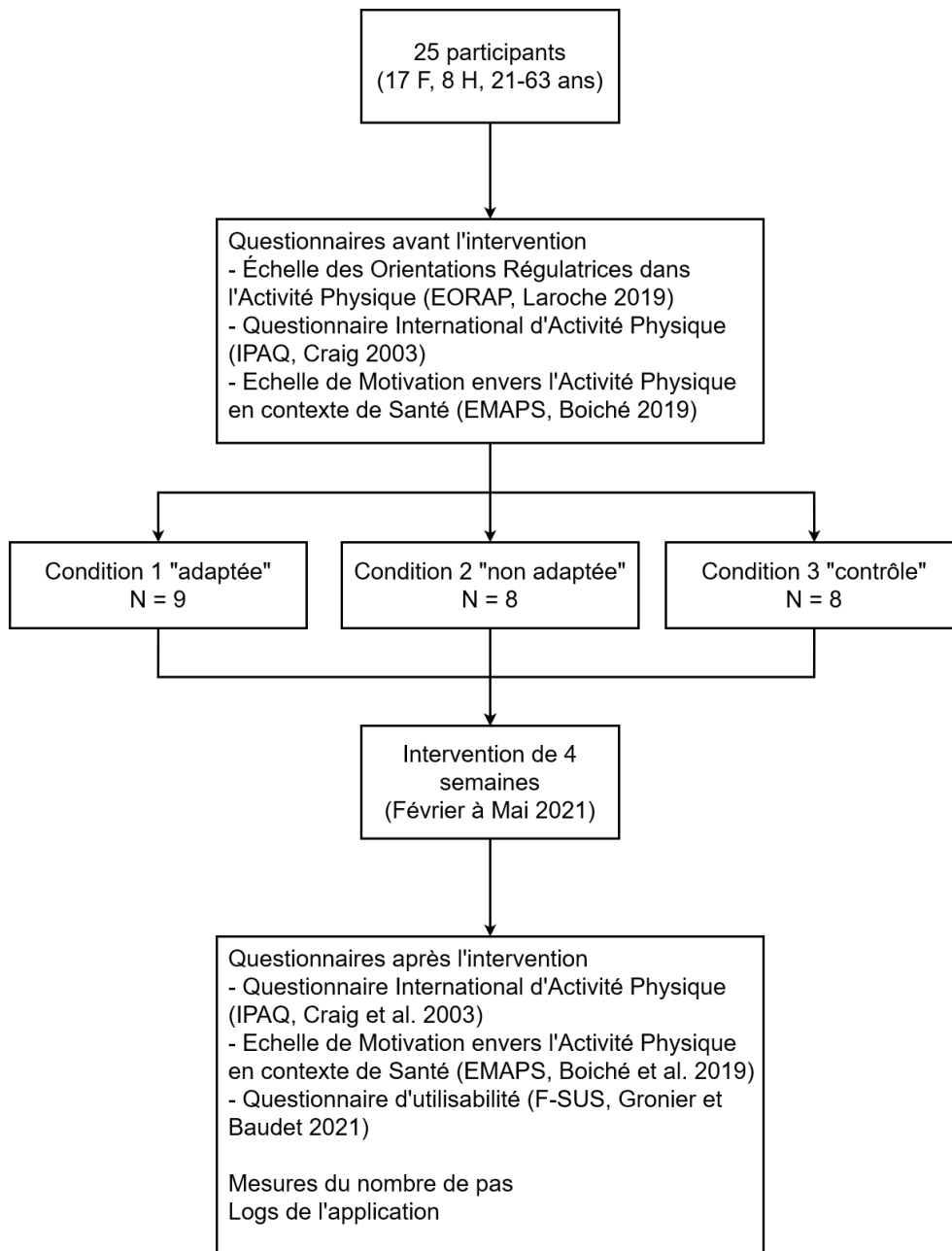


Figure 4.5 – Schéma expérimental de l'étude "Adaptation dynamique d'un objectif en nombre de pas"

de répondre à une série de questionnaires pour connaître le niveau d'activité physique de départ (IPAQ), la motivation pour l'activité physique (EMAPS) et l'orientation régulatrice (EORAP).

L'intervention de marche démarre dès la fin de la création du profil. Chaque matin, l'application PADME fixe un nouvel objectif quotidien à atteindre en nombre de pas. L'application enregistre en temps réel à tout moment le nombre de pas des utilisateurs à partir de leur première connexion à l'application.

Le participant est libre de réaliser l'objectif journalier au moment de la journée qui lui convient. Chaque jour, en fin de journée, il est invité à répondre sur l'application mobile à un court questionnaire optionnel sur sa motivation et sur son expérience utilisateur. Les données collectées pendant la durée de l'expérimentation sont envoyées à intervalles réguliers dans une base de données sur un serveur sécurisé.

Les participants devaient porter leur téléphone sur eux lors des déplacements à pied. Aucun autre dispositif de suivi ou de mesure des pas n'a été utilisé. L'application PADME, implémentant le modèle du même nom présenté dans la sous-section précédente, a été le support des mesures réalisées pendant cette évaluation.

A l'issue de l'intervention, les participants ont été invités à répondre à nouveau à une série de questionnaires afin de mesurer leur niveau d'activité physique rapporté, leur niveau de motivation pour l'activité physique et leur perception sur l'utilisabilité de l'application.

La désinstallation de l'application met fin au suivi effectué, ainsi qu'à la transmission des données collectées vers la base de données distante et efface définitivement les fichiers créés par l'application du téléphone, sans possibilité de récupération. La possibilité a été systématiquement donnée aux participants de récupérer leurs données au moment de la fin de l'étude, grâce à un tutoriel rédigé par nos soins (voir documents fournis en annexe de la thèse). Les participants sont également libres de conserver l'application, toute transmission de données étant stoppée après le 32^e jour d'intervention.

L'intervention a duré 4 semaines : au total, nous avons entre 30 et 33 jours de mesures ; 28 jours ont été retenus pour les analyses. Dans la suite, les semaines sont évoquées par la notation T₁ pour la semaine 1, et ainsi de suite jusqu'à T₄. Chaque participant suit l'intervention sur son propre téléphone. La période de l'étude s'étend de mars à mai 2021.

4.3.4. Résultats

L'hypothèse principale de cette étude est qu'un objectif quotidien adapté en nombre de pas au niveau initial d'activité physique ainsi qu'aux performances quotidiennes de marche de l'utilisateur permet une amélioration de son niveau d'activité physique et une augmentation progressive de la marche. Les participants de la condition 1 (condition adaptée) devraient avoir des performances et une progression supérieures aux participants des autres conditions.

Nous avons effectué des analyses à l'aide du logiciel JASP ("*Jeffreys's Amazing Statistics Program*"⁷) en version 0.17.2.1. Nous présentons dans cette partie tout d'abord les résultats d'analyses sur les réponses aux questionnaires, puis les analyses sur les données des fonctions de l'application, mesurées par le biais du téléphone. Pour les notations temporelles, les semaines sont désignées par T1, T2, T3 et T4. Pour les mesures avant / après l'étude, seules T1 et T4 sont utilisées.

Nous présentons ici seulement les résultats significatifs. L'ensemble des analyses effectuées sont disponibles en annexe.

4.3.4.1. Statistiques descriptives

Orientation régulatrice.

Parmi les 25 participants qui ont terminé l'étude, nous comptons 4 participants d'OR prévention, 15 participants d'OR promotion, 5 participants d'OR neutre, c'est-à-dire pour lesquels les scores promotion et prévention étaient identiques, et une donnée manquante (détail des scores dans le tableau 4.1 ci-dessous).

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
p12	(données manquantes)		
p13	15	15	neutre
p15	8	10	prévention
p16	8	6	promotion
p17	12	8	promotion
p19	11	16	prévention
p21	3	3	neutre
p22	17	13	promotion
p23	16	8	promotion
p24	9	3	promotion

Suite page suivante

7. <https://jasp-stats.org/faq/what-does-jasp-stand-for/>

Tableau 4.1 – suite de la page précédente

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
p25	12	11	promotion
P26	9	9	neutre
p28	8	12	prévention
p29	18	16	promotion
p30	16	12	promotion
p31	15	15	neutre
p32	4	4	neutre
p33	14	15	prévention
p35	10	5	promotion
p36	11	9	promotion
p38	10	7	promotion
p39	18	14	promotion
p40	13	7	promotion
p41	18	8	promotion
p42	16	12	promotion

Tableau 4.1 – Détail des scores promotion et prévention des participants de l'étude 1, avec l'OR retenue, pour chaque participant.

Répartition dans les conditions.

Les 25 participants sont répartis dans les trois conditions à raison de : 8 participants en condition 1 (adaptée), 9 participants en condition 2 (non adaptée) et 8 participants en condition 3 (contrôle). Tous les participants ont rempli le questionnaire de fin d'étude. La répartition selon la condition et l'OR est résumée dans le tableau 4.2 ci-dessous.

Répartition	Condition 1	Condition 2	Condition 3	Total
OR Promotion	4	6	5	15
OR Prévention	1	3	0	4
OR Neutre	2	0	3	5
Total	7 (1)	9	8	24 (1)

Tableau 4.2 – Répartition des participants dans les conditions expérimentales et selon leur OR. Les nombres entre parenthèses indiquent les données manquantes.

Score d'activité physique.

En début d'étude, les participants de condition 1 (adaptée) ont un score moyen

de 3939 points (SD = 3603), les participants de condition 2 (non adaptée) ont un score moyen de 2510 points (SD = 2350) et les participants de condition 3 (contrôle) ont un score moyen de 2109 points (SD = 1596).

Score d'AP	Condition 1	Condition 2	Condition 3
Avant (T1)	3939	2510	2109
Après (T4)	4559	2035	3569

Tableau 4.3 – Score d'AP avant et après l'étude, selon la condition.

En fin d'étude, les participants de condition 1 (adaptée) ont un score moyen de 4559 points (SD = 3501), les participants de condition 2 (non adaptée) ont un score moyen de 2035 points (SD = 1789) et les participants de condition 3 (contrôle) ont un score moyen de 3564 points (SD = 2698).

4.3.4.2. Analyses effectuées

Pour vérifier qu'il n'y a pas de différences significatives entre les conditions au début de l'étude, nous avons effectué des ANOVA simples avec comme variable dépendante le score initial (à T1) d'activité physique, puis les types de motivation, et en facteur fixe tour à tour la condition expérimentale puis l'OR, sans que cela ne révèle un effet, dans aucune des ANOVA. S'il y a effectivement des différences de score initial d'activité physique ou de motivation entre les conditions, ces différences ne sont pas significatives.

Nous avons ensuite réalisé plusieurs ANOVAs à mesures répétées avec systématiquement pour facteur inter-sujet la condition expérimentale (conditions 1, 2 ou 3) et pour mesures répétées le temps au format hebdomadaire (T1 à T4) ou au format avant/après (T1 et T4). Les variables dépendantes pour lesquelles un effet a été rapporté sont :

- Score AP (IPAQ)
- Motivation intrinsèque
- Écart à l'objectif en nombre de pas
- Connexion à l'application
- Consultation de l'historique

Pour ces cinq ANOVAs à mesures répétées, le test de Levene (égalité des variances) était non significatif. Lorsque le test de Mauchly (vérification de l'hypothèse de sphéricité) était significatif, selon la valeur d'épsilon (ϵ) une correction adéquate est appliquée :

- si $\epsilon < 0.75$: correction de Greenhouse-Geisser (GG)
- si $\epsilon > 0.75$: correction de Huynh-Feldt (HF)

Nous utilisons ω^2 comme mesure de la taille d'effet, car plus approprié pour de faibles échantillons [58], ainsi que la puissance statistique de chaque

résultat, calculée a posteriori avec le logiciel G*Power⁸.

4.3.4.3. Réponses aux questionnaires

Score d'Activité Physique (AP).

Le score d'activité physique correspond à la quantité de MET-minutes générées par l'activité physique de l'utilisateur dans les sept derniers jours. Ce score s'exprime de 0 (pas d'activité) à "l'infini" (il n'y a pas de limite indiquée par le questionnaire).

Il existe un effet principal de la condition, indépendamment du temps, avec un effet moyen : $F(2, 21) = 3.547, p = 0.047, \omega^2 = 0.072$. Les tests post-hoc de Tukey montrent une différence entre les conditions adaptée et non adaptée ($t(2) = 2.604, d \text{ de Cohen} = 0.854, p = 0.042$) : les participants de la condition 1 (adaptée) ont un score d'AP significativement plus élevé que celui des participants de la condition 2 (non adaptée). Même sans effet du temps, il est à noter que le score d'AP de la condition 2 (non adaptée) diminue entre T1 et T4 alors que celui de la condition 1 (adaptée) augmente, ce qui peut expliquer l'écart significatif entre les deux conditions, indépendamment du temps. De plus, les deux conditions n'avaient pas un niveau d'AP identique à T1 (voir section 4.3.4.1. ci-dessus), quoique aucun effet n'ait été relevé.

Aucune différence n'est rapportée entre les conditions 1 (adaptée) et 3 (contrôle) ($t(2) = 1.895, p = 0.165$) ou entre les conditions 3 (contrôle) et 2 (non adaptée) ($t(2) = 0.682, p = 0.776$). Ces résultats valident l'hypothèse H2 : un objectif quotidien adapté améliore davantage le niveau d'activité physique général de l'utilisateur qu'un objectif non adapté.

Motivation intrinsèque.

La motivation intrinsèque est le type de motivation le plus autonome, qui consiste à réaliser une activité, en l'occurrence la marche, pour le plaisir qu'elle procure. La variable "motivation intrinsèque" s'exprime dans un intervalle de 3 (faible) à 21 (forte).

Il existe une interaction significative entre le temps et la condition, avec un effet faible : $F(2, 21) = 5.976, p = 0.009, \omega^2 = 0.043$. Les effets simples principaux montrent que seule la condition adaptée témoigne d'une augmentation de la motivation intrinsèque : $F(1,21) = 7.296, p = 0.036$. Pour la condition contrôle ($F(1,21) = 1.703, p = 0.233$) et la condition non adaptée ($F(1,21) = 1.895, p = 0.206$), la diminution de la motivation intrinsèque n'est pas significative (figure 4.6).

La motivation intrinsèque est plus élevée à la fin de l'étude pour les participants de condition adaptée seulement, ce qui valide l'hypothèse H3 : un objectif quotidien adapté renforce la motivation à la marche des utilisateurs.

8. <https://www.psychologie.hhu.de/arbeitsgruppen/allgemeine-psychologie-und-arbeitspsychologie/gpower>

Motivation intrinsèque (EMAPS)

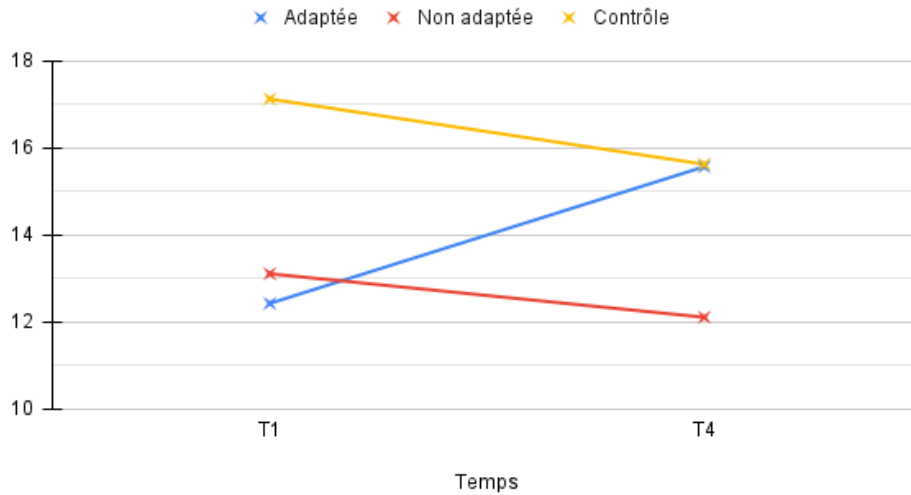


Figure 4.6 – Évolution de la motivation intrinsèque entre T1 et T4.

Utilisabilité (F-SUS).

L'utilisabilité décrit la capacité d'un système à être simple d'utilisation. Le F-SUS est un score continu entre 0 (faible - utilisation difficile) et 100 (forte - utilisation facile).

Nous avons réalisé une ANOVA simple avec pour variable dépendante le score d'utilisabilité et en facteur fixe la condition des participants. Il y a un effet principal tendanciel, avec un large effet : $F(2,22) = 3.249, p = 0.058, \omega^2 = 0.152$. Les comparaisons post-hoc de Tukey révèlent une différence significative entre les conditions adaptée et contrôle ($t(2) = 2.549, d \text{ de Cohen} = 1.275, p = 0.046$) : les participants de la condition adaptée donnent un score d'utilisabilité moyen de 89 sur 100 (SD = 7.312) et les participants de la condition contrôle un score moyen de 75 sur 100 (SD = 11.683). Dans l'ensemble, les scores d'utilisabilité sont tous supérieurs ou égaux à 60 sur 100, avec une moyenne sur l'ensemble des utilisateurs de 82 sur 100. Ce résultat tendrait à confirmer notre hypothèse H4 : l'application est plus facile à utiliser lorsque l'objectif quotidien proposé est adapté à l'utilisateur.

4.3.4.4. Données de l'application

Écart à l'objectif en nombre de pas.

L'écart à l'objectif en nombre de pas permet de suivre les atteintes des objectifs quotidiens des participants, en comptant le restant (nombre négatif) ou l'excédent (nombre positif) chaque jour, puis en les sommant à la semaine. Une semaine ayant un excédent de pas a une valeur positive, une semaine

Écart à l'objectif en nombre de pas

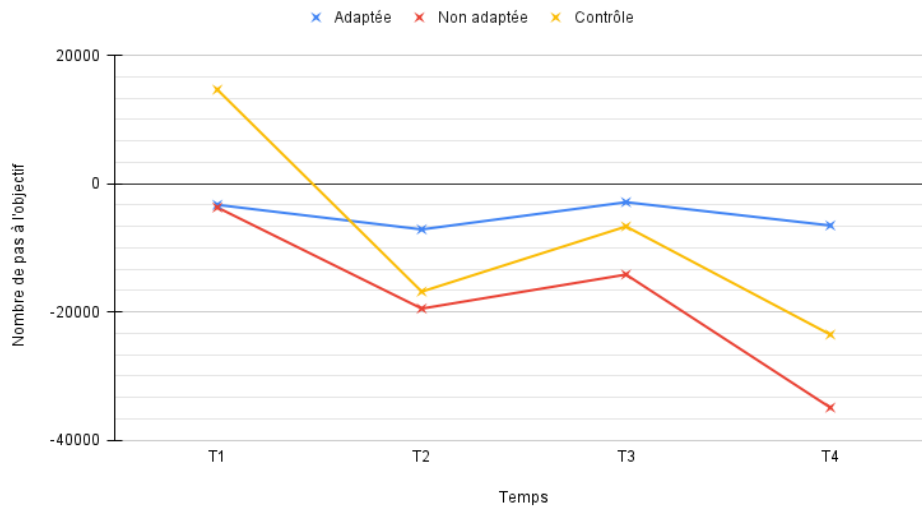


Figure 4.7 – Évolution de l'écart à l'objectif, par semaine, entre T1 et T4.

ayant un restant de pas a une valeur négative.

Il existe un effet principal du temps, avec un effet faible : $F(3,66) = 4.207$, $p = 0.017$, $\omega^2 = 0.046$. Les tests post-hoc de Holm indiquent une différence significative entre T1 et T4 ($t(3) = 3.414$, $d \text{ de Cohen} = 0.657$, $p = 0.007$) : les objectifs sont moins atteints à la fin de l'étude qu'au début, pour toutes les conditions (figure 4.7).

En condition adaptée, les écarts à l'objectif sont proches de zéro tout au long de l'étude. Dans les autres conditions, les écarts sont davantage creusés en T4 par rapport à T1 : les conditions non adaptée et contrôle marchent de moins en moins et donc atteignent de moins en moins leurs objectifs. Le résultat encourageant de la condition adaptée semble principalement dû au fait que les objectifs proposés aux participants sont adaptés à leurs performances. Le fait qu'ils les accomplissent tend à indiquer que ces objectifs sont effectivement ceux qui correspondent aux participants de cette condition. Ces résultats tendent à rejeter l'hypothèse H1 : même si les participants de condition adaptée tendent à se rapprocher de leurs objectifs, la courbe d'écart à l'objectif est quand même tout le temps négative, indiquant de fait que le volume de pas marchés n'a pas augmenté.

Connexions à l'application.

Cette variable compte le nombre de fois par semaine qu'un utilisateur s'est connecté à l'application. Un utilisateur peut se connecter plusieurs fois par jour, chaque connexion est comptée.

Il existe un effet principal du temps, avec un effet moyen à fort : $F(3,66) = 6.749$, $p = 0.007$, $\omega^2 = 0.10$. Les tests post-hoc de Holm indiquent des différences entre T1 et T3 ($t(3) = 2.865$, d de Cohen = 0.627, $p = 0.028$), et entre T1 et T4 ($t(3) = 4.435$, d de Cohen = 0.97, $p < 0.001$). Le nombre de connexions à l'application, toutes conditions confondues, est nettement moins élevé à T4 (M = 26 connexions dans la semaine, SD = 22) qu'à T1 (M = 76, SD = 65).

Consultation de l'historique.

Cette variable compte le nombre de fois par semaine qu'un utilisateur a consulté l'historique de sa progression sur l'application. Un utilisateur peut consulter son historique plusieurs fois par jour, chaque consultation est comptée.

Il existe un effet principal du temps, avec un effet fort : $F(3,66) = 14.285$, $p < 0.001$, $\omega^2 = 0.211$. Les tests post-hoc de Holm indiquent des différences significatives entre T1 et les autres semaines :

- Entre T1 et T2 : $t(3) = 4.314$, d de Cohen = 0.959, $p < 0.001$
- Entre T1 et T3 : $t(3) = 5.192$, d de Cohen = 1.154, $p < 0.001$
- Entre T1 et T4 : $t(3) = 5.993$, d de Cohen = 1.333, $p < 0.001$

Tout comme le nombre de connexions, la consultation de l'historique diminue fortement dès la deuxième semaine d'intervention, dans toutes les conditions.

4.3.4.5. Résumé des résultats

Les résultats sont résumés dans le tableau 4.4 ci-dessous. Ils sont dans l'ensemble positifs : les mesures subjectives issues des questionnaires suggèrent que notre intervention a atteint son objectif, à savoir augmenter la motivation à l'activité physique des utilisateurs. L'utilisation de l'application n'est pas un frein et même au contraire, avec un score moyen d'utilisabilité de 82 sur 100. En même temps, les mesures réalisées sur l'application semblent indiquer une tendance à la baisse de l'activité physique et de l'activité sur l'application après trois semaines d'intervention.

VD	VI	Correction	F	p	ω^2	Puissance
Score AP (IPAQ)	Condition	-	3,547	0,047	0,072	0,841
Motivation intrinsèque	Temps * Condition	-	5,976	0,009	0,043	0,964
Écart à l'objectif en pas	Temps	GG	4,207	0,017	0,046	0,366
Connexion à l'application	Temps	GG	6,749	0,007	0,1	0,442
Consultation de l'historique	Temps	GG	14,285	<0,001	0,211	0,757

Tableau 4.4 – Résultats significatifs des ANOVAs à mesures répétées. "GG" indique que la correction de Greenhouse-Geisser a été appliquée, suite au résultat du test de Mauchly.

Nous proposons de revenir sur ces résultats dans la discussion de la section suivante.

4.3.5. Discussion

Les résultats encourageants présentés dans la section précédente sont à relativiser : au final, en T4, l'activité physique globale a diminué, ce qui est contraire à l'hypothèse principale de départ, et cela rejette H1. Cette baisse d'activité se manifeste au travers de la plupart (à une ou deux exceptions près) des mesures et analyses effectuées sur les données. L'augmentation du nombre de pas est plus importante dans la première moitié de l'évaluation, entre T1 et T2, que dans la seconde moitié, de T3 à T4 : c'est en effet dans les deux premières semaines que s'expriment les différences entre les conditions. Il faut en effet au plus 10 jours pour que les conditions 2 et 3, statiques, atteignent l'objectif fixe de 10 000 pas par jour. A l'inverse, la condition 1, adaptée dynamiquement aux participants, varie jusqu'à la convergence vers un rythme individuel, observation réalisée également par Adams *et al.* [2], qui utilisent aussi l'algorithme du centile pour proposer un objectif adapté.

Pour tenter d'expliquer la baisse d'activité physique à l'issue de l'intervention, plusieurs pistes de réflexion s'ouvrent : une première piste réside dans le contexte sanitaire à ce moment-là (mars à mai 2021) : en France, un couvre-feu imposait un retour au domicile à 19h, ce qui limite les activités en dehors du travail. Pour certains participants, ce travail se faisait directement depuis le domicile. Ces conditions particulières étaient peu propices aux activités physiques de tous types en extérieur [62]. Notre modèle et cette évaluation ont pour but de motiver les personnes à l'activité physique dans un contexte normal quotidien. Il est difficile de considérer la période "Covid-19" comme une période normale, quotidienne, tant les restrictions ont été importantes et les contraintes fortes, pour les participants.

Nous pourrions aussi considérer que les participants ont changé d'activité, en partie parce que marcher en extérieur était compliqué ou difficile pendant cette période de couvre-feu : cela pourrait expliquer, pour la condition adaptée, l'augmentation de la motivation intrinsèque à faire de l'activité physique (H3) ainsi que l'augmentation du score d'activité physique (H2), tout en marchant moins à la fin de l'étude.

Une troisième piste de réflexion est moins positive : la seule adaptation de l'objectif n'est pas suffisante pour motiver durablement à la pratique de marche quotidienne. Cette réflexion se base sur deux éléments. Tout d'abord, les études mentionnées dans l'état de l'art portant sur l'adaptation de l'objectif utilisent presque systématiquement d'autres composants pour susciter la motivation, tels que par exemple des interactions par courriel avec les expérimentateurs [123] ou des rencontres avec des professionnels de santé [36, 37], et pour ces études, les résultats sont positifs : l'adaptation de l'objectif fonctionne avec ces composants motivationnels complémentaires. Le deuxième élément permettant cette conclusion est la tendance globale, de toutes nos

mesures, à décliner après la troisième semaine d'intervention. En effet, les performances de tous les participants, indépendamment de leur condition, déclinent à partir de T₃. Outre l'information de la nécessité de faire quelque chose pour maintenir la motivation des participants, nous obtenons une autre information, temporelle : c'est entre la deuxième et la troisième semaine que la motivation semble s'infléchir, ou s'inverser. Les résultats croissants en T₁ et T₂ peuvent par exemple s'expliquer par l'effet de nouveauté et par l'adoption de l'application par les participants, qui au fur et à mesure du temps, s'estompent [120].

Cette étude fut conduite sur le terrain, hors laboratoire, insérée dans le quotidien des participants, venant de tous horizons. Elle se déroula pendant la crise de Covid-19, et notamment durant une période de couvre-feu où toute activité physique en dehors du domicile était difficile. Ces raisons combinées rendent l'évaluation de l'impact et de l'utilisation de cette intervention technologique complexe et difficile. A l'issue de cette étude, des notions complémentaires, telles que l'adhérence à l'application ("*une mesure de l'utilisation d'un dispositif par un utilisateur pour une période donnée*" [135]), ou l'engagement dans l'intervention ("*le fait de s'investir dans la poursuite ou la réalisation de l'intervention*" [120]), peuvent apporter plus d'informations et compléter les mesures objectives effectuées afin de saisir tous les aspects de la marche quotidienne. Nous discutons de ces notions d'adhérence à une application et/ou à une intervention au chapitre 7.

Enfin, cette version de l'application manquait d'interactions : l'interface graphique est essentiellement statique, et l'utilisateur est passif. Il lui suffit d'ouvrir l'application pour prendre connaissance de son objectif quotidien, et le suivi de la marche étant effectué en continu, l'utilisateur n'a pas besoin de rester plus longtemps sur l'application. Les futures versions du modèle devront tenir compte de ces aspects : c'est l'objet du chapitre suivant.

4.4. Résumé du chapitre "Adaptation de l'objectif quotidien de marche"

Dans ce chapitre, nous avons successivement présenté un état de l'art sur les interventions de marche et leurs bienfaits pour la santé, la motivation et le bien-être, puis la première dimension d'adaptation de notre modèle, l'adaptation à un objectif quotidien de marche, et comment nous l'avons implémentée dans une application Android puis évaluée dans une étude longitudinale sur le terrain.

L'activité physique en général et la marche en particulier sont non seulement des moyens reconnus de prévention des maladies [76], mais contri-

buent en plus à la motivation et au bien-être des individus [25, 115]. Nous avons vu que la combinaison d'un dispositif de suivi de la marche avec un objectif quotidien et adapté à l'utilisateur améliore sa pratique [28, 130], et que l'émergence de la gestion individuelle de la santé d'un côté [8] et des mobiles multifonctions de l'autre peut renforcer cette pratique [28, 108]. En particulier, un objectif adapté à l'utilisateur est particulièrement intéressant, car il permet une évolution individuelle et personnalisée. Adams *et al.* utilisent l'algorithme du centile pour proposer un tel objectif, et nous nous inspirons de leurs recherches pour proposer un équivalent sur mobile.

Cet équivalent est la première dimension de notre modèle d'interaction : l'adaptation d'un objectif quotidien de marche, en nombre de pas. Nous avons présenté notre modèle PADME et son implémentation dans une application pour téléphones mobiles Android. Notre modèle d'interaction est notamment constitué d'un modèle utilisateur hybride, avec des données statiques, issues de questionnaires, telles que le niveau d'activité physique (IPAQ [34]), la motivation (EMAPS [20]) et l'orientation régulatrice (EORAP [87]), et des données dynamiques, qui évoluent quotidiennement, telles que le nombre de pas et les interactions entre l'utilisateur et le système. L'application PADME est constituée de quatre onglets : accueil, historique, questionnaire quotidien et à propos. L'accueil fournit à l'utilisateur des informations essentielles : son objectif quotidien, son nombre de pas actuel, une barre de progression pour facilement visualiser où il se trouve vis-à-vis de cet objectif, et la somme des pas des sept derniers jours. Une partie des traitements de l'application est faite en arrière-plan, en continu : sauvegarde et gestion des données, envois multiples à la base de données distante, suivi de la marche et envois de notifications à l'utilisateur.

Nous avons évalué cette première version de notre modèle dans une étude longitudinale sur le terrain, entre mars et mai 2021. L'étude a duré quatre semaines pour les participants. Trente-deux personnes se sont portées volontaires pour cette étude, dont vingt-six l'ont complétée. Les participants étaient répartis dans trois conditions : une condition adaptée, où l'objectif quotidien était adaptée aux performances de l'utilisateur grâce au modèle PADME, une condition dite "non adaptée", où l'objectif quotidien était initialisé selon le niveau d'activité physique du participant, et une condition contrôle, où l'objectif était identique pour tous les participants de la condition. Les résultats ont montré une augmentation significative de la motivation intrinsèque pour les participants de condition adaptée seulement, ainsi qu'une amélioration de leur niveau d'AP. Nous constatons toutefois une baisse générale de l'utilisation de l'application ainsi que de l'activité de tous les participants, ce qui peut être expliqué de différentes façons : le contexte sanitaire et le couvre-feu ne permettaient pas d'activités en extérieur après 19h [62], ou les participants ont

changé de type d'activités physiques, et qui ne nécessitent pas d'avoir le téléphone sur soi. Une dernière explication réside dans un manque de soutien durable à la marche quotidienne.

Nous proposons d'étendre notre modèle PADME à l'envoi de messages motivationnels pour essayer de pallier ces défis dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 5 - Adaptation de messages motivationnels

A l'issue de l'étude de l'adaptation dynamique d'un objectif en nombre de pas, deux résultats sont encourageants. La motivation intrinsèque et le niveau d'activité physique des participants de la condition adaptée est en augmentation significative au cours de l'intervention. Cela suggère que l'intervention a eu l'effet voulu, au moins pour la condition adaptée qui est celle qui implémente la partie du modèle PADME pour l'adaptation de l'objectif quotidien en nombre de pas. Toutefois, plusieurs grandeurs sont en baisse : tous les utilisateurs marchent de moins en moins et sont moins actifs sur l'application à l'issue des quatre semaines d'intervention.

Deux interprétations opposées peuvent être réalisées : les utilisateurs ont peut-être migré vers d'autres types d'activités, ce qui expliquerait la baisse de l'utilisation de l'application et la hausse du niveau d'activité physique, mais nous n'avons pas d'informations permettant d'étayer cette hypothèse. L'autre interprétation est moins positive : cette baisse est peut-être due à l'absence de soutien motivationnel à long terme, qui aurait pu continuer à motiver les utilisateurs en plus de l'objectif quotidien. Bien que l'utilisation d'un objectif favorise l'activité physique [22], il semble en effet que sa seule présence soit insuffisante pour motiver à plus long terme les utilisateurs. Une observation similaire a été faite par Baker *et al.* [12] à propos du podomètre : utilisé seul, il n'est pas suffisant pour permettre à l'utilisateur de poursuivre sa pratique de l'activité physique au-delà de la durée de l'intervention. Il semblerait y avoir le même effet pour l'utilisation d'un mobile en ayant seulement le retour d'information du nombre de pas et de l'objectif.

Nous proposons alors d'étendre le modèle PADME pour y ajouter une dimension d'adaptation de messages motivationnels, comprenant des messages textuels cadrés avec la TOR, ainsi que des interactions favorisant la satisfaction des besoins d'autonomie et de compétence (TAD), dans un contexte mobile. Nous commençons, dans la section suivante, par présenter un état de l'art des messages motivationnels pour l'activité physique et la marche, puis nous nous focalisons sur un cadre de travail en particulier, pour la conception de messages dans notre modèle.

5.1. État de l'art sur les messages motivationnels pour la marche

Le point de départ de l'extension de notre modèle est la nécessité d'un soutien motivationnel plus riche que le seul affichage de l'objectif quotidien et du retour d'information sur le nombre de pas. L'un des moyens documentés dans la littérature est l'envoi de messages motivationnels, ce qui soulève plusieurs questions. Au-delà d'un message incitant à marcher davantage, comment pouvons-nous rendre ce message plus personnel, plus adapté à l'utilisateur? Comment étendre notre modèle PADME pour inclure de tels messages adaptés?

Dans la section 5.1.1, nous voyons les travaux de Tversky et Kahneman [140] sur le cadrage (*framing* en anglais) d'une proposition ou d'un énoncé et ses effets sur la prise de décision, puis nous présentons comment ces travaux ont un impact sur notre objectif de soutenir les utilisateurs par des messages motivationnels. Dans la section 5.1.2, nous présentons différentes manières de motiver à la marche par des messages textuels, et nous revenons plus en détails sur certaines notions évoquées au chapitre 2, en particulier en ce qui concerne la TOR et l'expérience de l'adéquation (le *fit*), et son impact dans des messages cadrés. Enfin, nous présentons dans la section 5.1.3 un cadre de travail indépendant de tout contexte théorique [6] duquel nous nous inspirons pour étendre notre modèle PADME en y incluant la TOR et la TAD.

5.1.1. Cadrer un message

Le cadrage d'une information désigne la manière de présenter cette information : il peut avoir des effets sur la perception de l'information, ou dans le cas d'un choix à faire ou d'un dilemme à résoudre, le cadrage peut avoir une influence sur la décision prise par un individu [140]. Ces effets ont été mis en évidence par Tversky et Kahneman [140]. Dans leur article, ils ont montré que les individus peuvent avoir des préférences diamétralement opposées selon qu'ils sont confrontés à des gains ou des pertes potentiels. L'énoncé de l'expérience porte sur les conséquences d'une maladie fictive pouvant causer la mort de 600 personnes, et des actions à mener, en proposant aux participants de deux conditions de choisir parmi deux options.

Dans la première condition, les participants ont le choix entre deux solutions : l'option A qui permet de sauver 200 personnes, et l'option B qui a 33 % de chances de sauver 600 personnes, et 66 % de risques de ne sauver personne. Un calcul de probabilité montre que le nombre de survivants attendu est le même dans les 2 options A et B, soit 200 personnes. Cependant, 72 % des sujets ont choisi l'option A, car la perspective certaine de sauver 200 personnes est préférée au risque de ne sauver personne dans l'option B. Dans la

seconde condition, la formulation est modifiée avec le choix suivant : l'option C qui provoque la mort de 400 personnes, et l'option D qui a 33 % de chances pour que personne ne meure et 66 % de risques que tout le monde meure. Dans cette condition, 78 % des sujets ont choisi l'option B, car la certitude de perdre 400 personnes de l'option C est moins acceptable qu'une chance de sauver tout le monde dans l'option D. Là encore, dans les deux options les probabilités de survie sont les mêmes.

Cette expérience montre clairement que la formulation d'une question influence la réponse. Les deux conditions présentent pourtant le même choix, mais avec un cadrage différent : lorsque les conséquences d'une décision sont présentées en termes de gains potentiels (première condition), les individus ont tendance à éviter de prendre des risques de façon à s'assurer un gain minimal. Mais lorsque les conséquences sont présentées en termes de risques potentiels (seconde condition), les individus ont tendance à prendre des risques afin de minimiser les pertes.

Le cadrage peut être vu comme une manière de "présenter le réel" au lecteur, à l'utilisateur, au sujet. Dans la partie suivante, nous explorons ce qui se produit lorsque cette présentation du réel entre en adéquation avec la perception du réel par l'utilisateur, en particulier à travers la TOR.

5.1.2. Motiver à l'activité physique et à la marche par des messages textuels

Dans le chapitre 2, nous avons présenté la Théorie de l'Orientation Régulatrice (TOR), qui décrit les stratégies d'actions des individus en fonction du contexte, de leur objectif et de la manière de l'atteindre [38]. Les individus d'OR promotion sont sensibles aux situations de gains et à la présence ou l'absence d'issues positives de leurs actions, c'est-à-dire lorsqu'elles se rapprochent de leur objectif. A l'inverse, les individus d'OR prévention sont plus sensibles aux situations de pertes et à la présence ou l'absence d'issues négatives de leurs actions, c'est-à-dire lorsque celles-ci s'éloignent de leur objectif. Lorsqu'une personne reçoit une information cadrée avec sa propre OR, c'est-à-dire que les termes utilisés dans cette information respectent les caractéristiques de l'OR de cette personne, alors elle ressent du bien-être et est plus sensible à cette information [27]. Il y a alors une *adéquation* (le *fit*) entre l'OR de l'utilisateur et l'OR exprimée par l'information et le contexte. Ressentir cette adéquation augmente le pouvoir persuasif de cette information [27].

Dans le domaine de l'activité physique et de la marche, la TOR est surtout utilisée en amont de la pratique, par exemple dans des campagnes de mise en avant de l'activité physique et de ses bienfaits [53, 89, 121, 124]. Dans ces études, les participants sont soumis à des messages en adéquation ou en non adéquation avec leur propre OR : les résultats indiquent des intentions

renforcées de pratique lorsqu'il y a adéquation, et des intentions diminuées lorsqu'il y a non adéquation [25, 97, 121, 122, 124]. Ces études présentent cependant deux limites notables : (1) elles ne mesurent que les intentions de pratique de l'activité physique ou de la marche, et non pas une activité réelle, et (2) de fait les messages cadrés ne sont pas administrés pendant la pratique, mais en amont de celle-ci, dans l'espoir de l'influencer. Ainsi, les participants n'ont pas un soutien continu et cadré pendant la période supposée d'activité, ce qui peut aller contre la pratique des interventions de marche, avec des techniques motivationnelles intégrées au quotidien des participants [132].

Lorsque nous considérons le domaine spécifique des interventions de marche, et notamment les interventions qui visent à augmenter le volume de marche des participants, certaines études ne semblent pas mentionner explicitement de cadre théorique pour les messages motivationnels utilisés. Elles font toutefois usage de techniques motivationnelles reconnues et documentées. C'est le cas par exemple du *tailoring*, qui consiste à *ajuster un comportement pour un groupe d'individus et ce dans un contexte spécifique* [5, 114]. Le *tailoring* est utilisé pour adapter des documents relatifs à la perte de poids en fonction de réponses à des questionnaires sur les croyances, les motivations, le régime alimentaire ou encore les habitudes d'achat [86]. Le même type de documents-conseils est utilisé par Catenacci et Wyatt [26] dans le programme d'activité physique "America On the Move", où des conseils sur comment avoir une alimentation saine et une vie active sont adaptés à l'intention de changement du patient.

La "*personnalisation*" est une autre technique de cadrage des messages, qui se tourne plutôt vers l'ajustement d'un comportement à un individu en particulier [114]. La personnalisation est notamment utilisée dans des interventions d'activité physique, où elle est souvent conjuguée avec la définition d'un objectif. Le message motivationnel peut ainsi être composé séquentiellement d'une partie "retour d'information personnalisé" ("*personalised feedback*"), contenant des performances ou des encouragements au participant, comme par exemple "*Vous vous débrouillez très bien ce matin, mais gardez à l'esprit de garder un peu d'énergie pour le soir*", où le message tient compte de l'avancement du participant dans son objectif [1]. Il peut aussi contenir une partie "définition d'un objectif" ("*goal setting*"), où le système conseille la poursuite ou la définition d'objectifs futurs, comme par exemple "*Vous avez indiqué que vous vouliez devenir plus actif physiquement; très bien! Essayez de planifier une marche quotidienne pour la semaine prochaine*" [1, 68].

Certains auteurs, comme Adams *et al.* [2], n'utilisent ni cadre théorique précis ni technique explicite pour adapter la présentation d'un objectif à l'utilisateur avec des messages. Ainsi, les messages sont plus généraux et moins personnalisés. Adams *et al.* [2] indiquent avoir conçu des bases de messages

courts (moins de 160 caractères), portant sur des informations générales sur les risques d'inactivité ou les bénéfices de l'activité physique. Les messages sont tous envoyés à tous les participants, ces derniers n'étant pas répartis selon leur sensibilité à tel ou tel type de message. Les messages quotidiens sont constitués d'une partie d'encouragement suivie d'une partie de définition d'un objectif, annonçant l'objectif du lendemain. La partie encouragement est identique pour la condition contrôle, tout en ayant un objectif fixe de dix-mille pas par jour, par exemple : "*Bien joué! N'oubliez pas que 10 000 pas par jour vous rapproche d'une bonne santé*". Pour la condition expérimentale, si l'objectif n'est pas atteint, il n'y a pas d'encouragement, seulement un retour d'information neutre "*nombre de pas reçu*". Al-Mohannadi *et al.* [107] suivent cette voie également, envoyant de manière automatique par courriel ou SMS des messages contenant des "astuces de santé" au cours de l'intervention. L'impact de ces messages (indépendamment de l'intervention) n'est pas ou peu évalué, même lorsque les interventions ont des effets positifs sur la marche.

Lorsqu'il s'agit de motiver à la marche par des messages textuels, il y a donc deux approches principales dans la littérature. D'une part, les interventions de marche quantitatives, c'est-à-dire visant à augmenter la quantité de pas marchés, combinent la définition d'objectif avec des messages motivationnels de promotion de l'activité physique en général [1, 2, 107]. Ces études utilisent plusieurs types de dispositifs de suivi de l'activité, tels que les podomètres ou les mobiles multifonctions. D'autre part, des études sur l'effet persuasif de messages cadrés selon les OR des participants, mais avec seulement une mesure de l'intention de pratiquer de l'activité physique et/ou de la marche, et rarement sur mobile [53, 97, 101]. Nous proposons de combiner ces deux approches pour concevoir une intervention de marche avec des messages motivationnels cadrés selon l'OR des utilisateurs. Les messages sont formalisés à l'aide d'un cadre de travail de génération de messages, décrit dans la section suivante. Nous présentons ensuite comment ce cadre est implémenté dans notre modèle.

5.1.3. Un cadre de conception spécifique pour la génération de messages

Au-delà des interventions motivationnelles avec envoi de messages, certains chercheurs ont essayé de proposer des cadres de conception pour la génération de messages motivationnels.

Un cadre en particulier libre de toute théorie, quoique conçu dans un cadre applicatif précis, est proposé par op den Akker *et al.* [6] : un cadre de travail pour la conception de messages motivationnels pour le coaching en temps réel de l'activité physique. Ce cadre repose sur quatre propriétés qui, selon les auteurs, constituent chaque message de communication, dont les

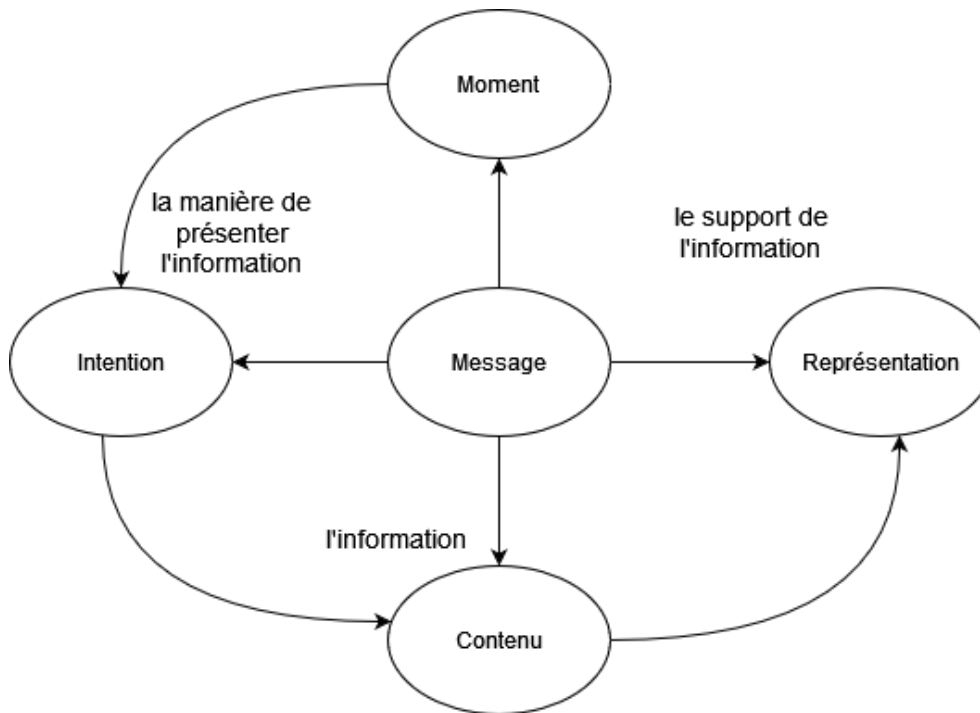


Figure 5.1 – Les propriétés générales de chaque message motivationnel selon le cadre de travail d'op den Akker *et al.* [6].

messages motivationnels font partie : le moment, l'intention, le contenu et la représentation (figure 5.1).

Le moment, c'est-à-dire quand la décision est prise de créer un message, est tout d'abord divisé selon l'acteur qui va déclencher le message : le système ou l'utilisateur (figure 5.2). Lorsque le système décide de l'envoi d'un message, quatre types d'adaptation sont détaillés pour choisir le moment auquel envoyer ce message : ainsi, un message peut être envoyé selon un objectif défini à l'avance (par exemple, en fonction de l'avancement d'un objectif, ou de son atteinte), selon le contexte entourant le message (par exemple, promouvoir la marche aux horaires de travail), selon les précédents envois de messages, analysés par le système (par exemple, tous les jours à 9h), ou encore selon les préférences renseignées par l'utilisateur lui-même (par exemple, jamais entre midi et deux).

L'intention décrit la manière de présenter l'information véhiculée par le message (figure 5.3). Les auteurs envisagent trois types d'intention : **encourager** à poursuivre l'action ou l'effort, **relâcher** l'effort ou diminuer l'action et l'intention **neutre**, c'est-à-dire sans colorer positivement ou négativement le contenu du message. Les retours d'information peuvent être d'intention neutre, lorsque seulement factuels, par exemple "*Vous avez marché 6200 pas.*".

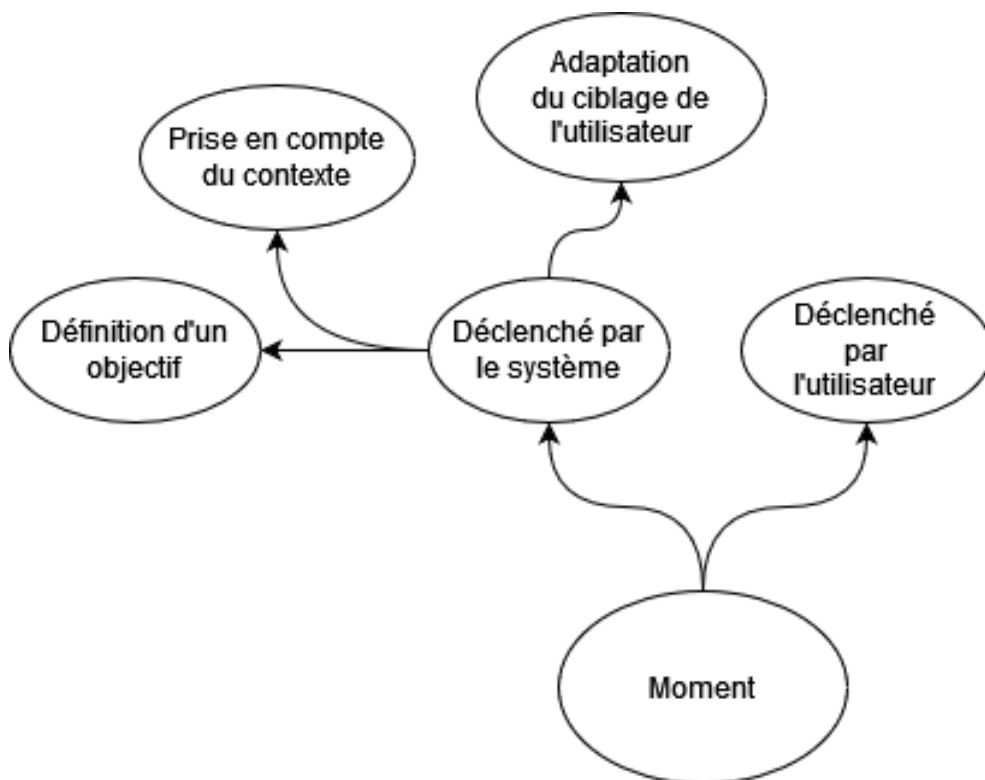


Figure 5.2 – Propriété "moment" du cadre de travail d'op den Akker [6].

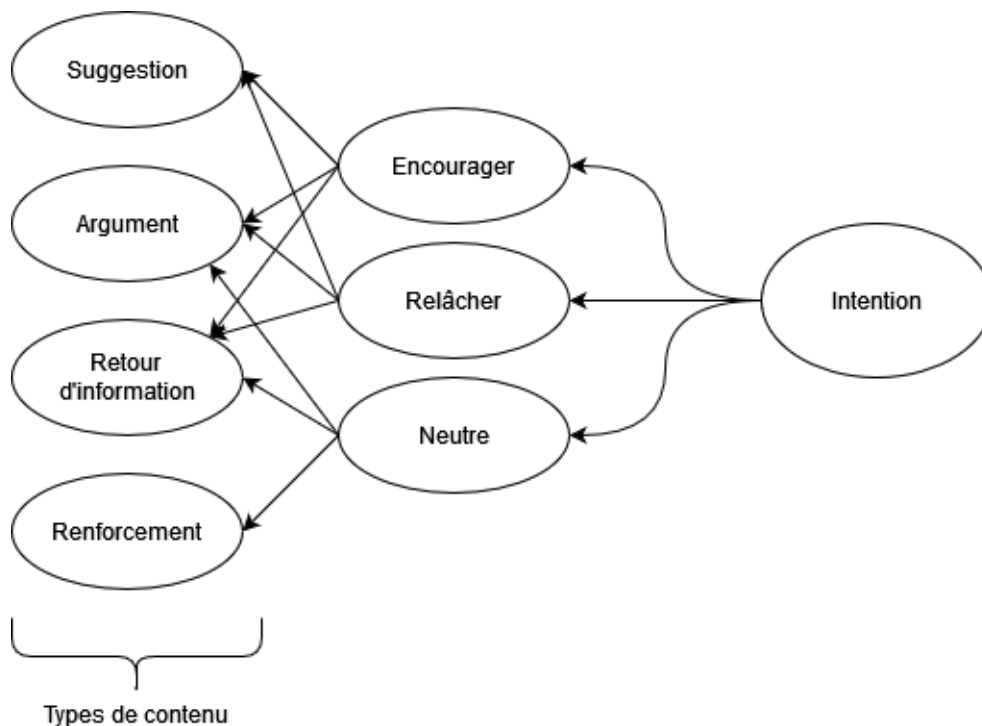


Figure 5.3 – Propriété "intention" du cadre de travail d'op den Akker [6].

Le contenu est l'information véhiculée par le message motivationnel. Op den Akker *et al.* [6] présentent quatre types de contenu, compatibles ou non selon l'intention (figure 5.4) : suggestion (d'une activité, par exemple "*Vous devriez aller marcher 10 minutes.*"), renforcement (d'un comportement, d'une pratique), argument (par exemple, sur pourquoi pratiquer de l'AP) et retour d'information (sur une performance ou un événement, par exemple "*Vous avez marché 2500 pas*").

Enfin, la représentation décrit le support de l'information (figure 5.5) : sonore, haptique ou visuel sont les trois canaux proposés, les auteurs précisant que le canal visuel est le plus utilisé, avec la modalité texte en tête. Pour le canal audio, il est envisageable qu'un message soit lu ou énoncé oralement. Le canal haptique quant à lui est souvent combiné avec un autre canal, par exemple, des vibrations et un message textuel.

Les auteurs décrivent l'utilisation de ce cadre de conception dans leurs propres études, afin de montrer par l'exemple sa pertinence. Il est notamment utilisé par Villalonga *et al.* [144] afin de constituer une ontologie de messages motivationnels utilisés par les coaches virtuels. Ce cadre de conception est flexible, c'est-à-dire qu'il propose un découpage des messages motivationnels en quatre propriétés qui sont indépendantes de toute théorie.

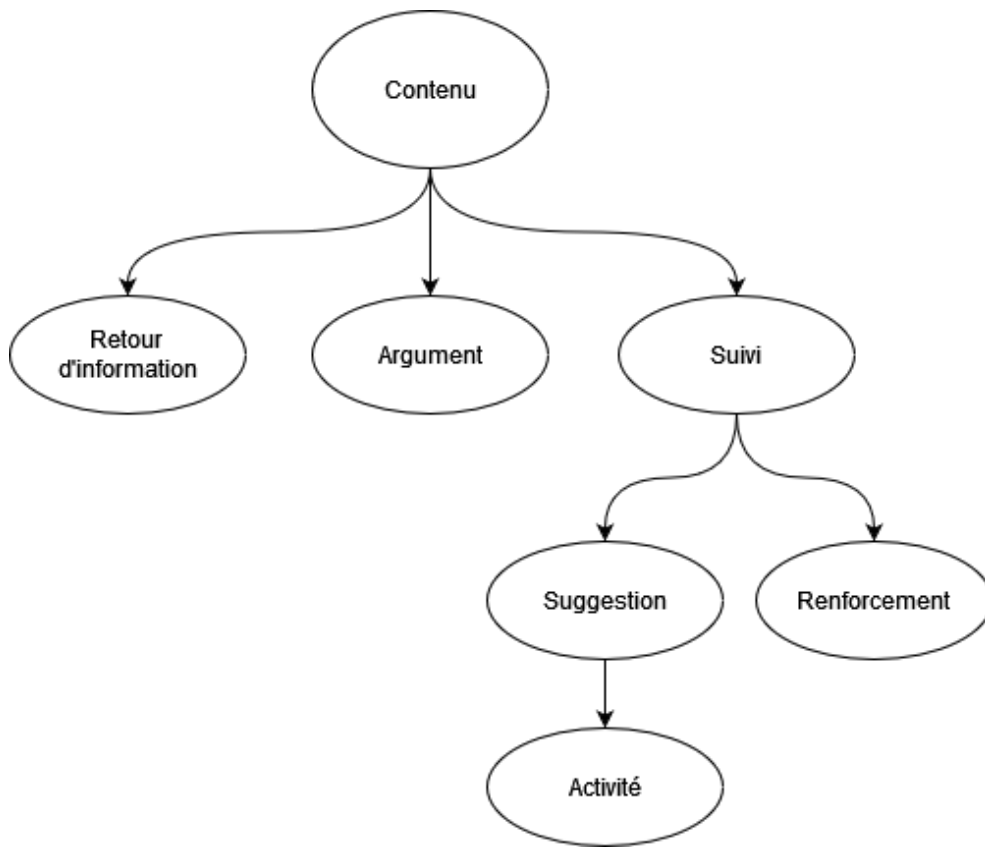


Figure 5.4 – Propriété "contenu" du cadre de travail d'op den Akker [6].

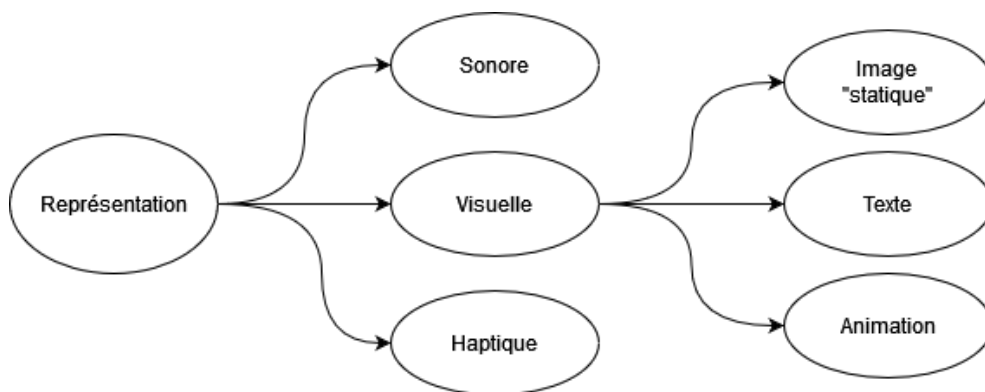


Figure 5.5 – Propriété "représentation" du cadre de travail d'op den Akker [6].

Les sous-composants de chaque propriété sont donc perméables à l'ajout de bases théoriques venant appuyer le propos des messages motivationnels. Nous avons vu que la TAD et la TOR sont toutes deux employées indépendamment l'une de l'autre pour la promotion de la marche, ou directement dans des interventions de marche, et notamment par des messages textuels, que ce soit de la documentation [53, 89, 121, 124], ou des messages motivationnels en lien direct avec la pratique du participant [2, 29]. Nous proposons dans la section 5.2 de voir sur quelles propriétés de ce cadre de travail nous pouvons combiner ensemble la TOR et la TAD afin d'étendre notre modèle PADME et ainsi proposer des messages motivationnels pendant une intervention, cadrés à l'OR des participants.

5.1.4. Résumé de l'état de l'art sur les messages motivationnels pour la marche

Dans cet état de l'art sur les messages motivationnels pour la marche, nous avons abordé trois sujets : le cadrage d'une information, qui permet de la présenter sous un certain angle, les messages motivationnels pour la motivation à la marche et leurs bases théoriques le cas échéant, et la présentation d'un cadre de travail de génération de messages sur lequel nous nous basons pour envoyer des messages à l'utilisateur.

Le cadrage d'une information (*framing* en anglais) est introduit par Tversky et Kahneman [140]. Il consiste à formuler un énoncé ou une question selon des approches différentes, par exemple une situation de gains ou de risques potentiels [140]. Les auteurs montrent que le cadrage d'une question peut influencer la réponse, et donc le choix d'un individu, avec un effet marquant : dans un contexte de gains potentiels, les individus ont tendance à éviter de prendre des risques afin d'assurer un gain minimal, et dans un contexte de risques potentiels, les individus ont tendance à prendre des risques afin de minimiser les pertes [140].

La TOR s'appuie sur le cadrage pour susciter l'adéquation (le fit) chez les individus. Lorsque le cadrage d'un message est en adéquation (fit) avec l'OR d'un individu, ce dernier ressent du bien-être et il est plus sensible au caractère persuasif du message [27]. Dans les domaines de l'activité physique et de la marche, le cadrage des messages tenant compte de l'OR des participants peut être utilisé en amont de la pratique, afin de promouvoir la marche et ses bienfaits sur la santé [53, 89, 121, 124]. Les messages cadrés en adéquation avec l'OR des participants renforcent les intentions de pratiquer la marche, et les messages en non adéquation dégradent ces intentions [25, 97, 121, 122, 124].

Certaines études ne prennent pas en compte de cadre théorique précis, et préfèrent utiliser d'autres approches motivationnelles de cadrage comme

le *tailoring*, qui consiste à adapter un comportement à un groupe de personnes dans un contexte donné [5, 114], ou la *personnalisation*, qui essaie d'ajuster un comportement à un individu en particulier [114]. Le *tailoring* permet ainsi de cibler une population, par exemple en adaptant des documents renseignant sur la perte de poids, une alimentation saine ou un mode de vie actif [26, 86]. La *personnalisation* permet une adaptation plus fine, plus proche de l'utilisateur, et peut combiner séquentiellement plusieurs types de messages, par exemple un retour d'information sur la performance suivi de la définition d'un objectif [1, 68].

Enfin, op den Akker *et al.* [6] ont étudié comment les messages motivationnels sont construits pour proposer un cadre de travail pour la génération de messages. Ce cadre pose le postulat suivant qu'un message motivationnel est composé de quatre propriétés : le moment d'envoi du message, décidé par le système selon des règles ou par l'utilisateur, l'intention du message (encourager à faire une action, relâcher l'effort, ou neutre), le contenu du message (l'information véhiculée) et la représentation, qui peut être une combinaison de modalités, par exemple haptique (vibrations) et visuelle (texte). Nous proposons dans la section suivante de combiner ce cadre de travail avec la TOR, pour élaborer des messages motivationnels personnalisés et cadrés selon l'OR des individus, sur mobile et pour la motivation à la marche.

5.2. Modèle PADME : dimension "adaptation de messages motivationnels"

Dans les études envoyant des messages motivationnels à l'utilisateur présentées ci-dessus, nous constatons que les messages ont une fréquence et une quantité similaires d'une étude à l'autre : entre deux et trois occurrences, et au plus trois messages par jour [1, 3, 25, 29, 82]. La plupart du temps, le moment est soit imposé [25, 29], soit modifiable par un utilisateur ou un professionnel de santé [1], mais ne semble pas être l'objet d'un déclenchement automatique ou calculé par un système informatique. Afin de compléter l'adaptation à chaque utilisateur, c'est ce que nous proposons dans l'extension au modèle PADME présentée ci-dessous (figure 5.6). Pour chaque propriété du cadre de travail d'op den Akker [6] décrit ci-dessus, nous décrivons une possible intégration de la TOR et de la TAD, en expliquant pourquoi cette intégration a du sens pour notre objectif de motivation à la marche et comment cette intégration est concrètement mise en oeuvre dans notre modèle, avec des exemples.

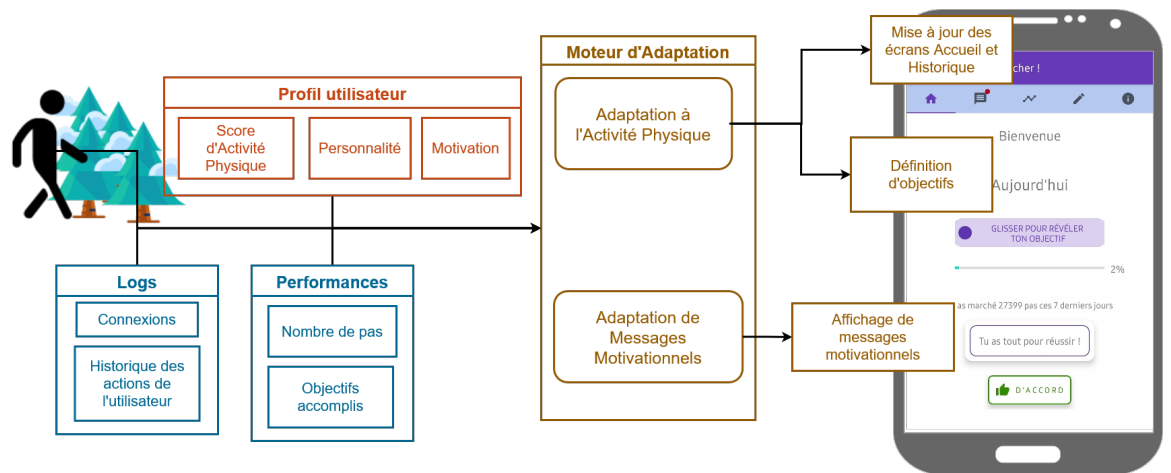


Figure 5.6 – Modèle PADME mis à jour. En rouge, le profil de l'utilisateur, en bleu les données de l'application et les performances, en marron le moteur d'adaptation et les composants adaptés.

5.2.1. La génération des messages motivationnels orientés

Nous reprenons les quatre propriétés du cadre initial d'op den Akker *et al.* [6] : le moment, l'intention, le contenu et la représentation.

La première propriété est le *moment*, avec deux déclencheurs possibles : le système ou l'utilisateur (figure 5.7). L'utilisateur est déclencheur d'un message dans une situation particulière, détaillée dans la sous-section 5.2.3. : la révélation de son objectif quotidien, par l'action délibérée sur un bouton-poussoir qui le lui révèle.

Le système en tant que déclencheur d'un message motivationnel est présent également. L'application étant dédiée au suivi de la marche et à la motivation à l'activité physique, le moment d'envoi des messages est particulier, et est l'objet d'une description plus approfondie ci-après (section 5.2.2.).

Les deuxième et troisième propriétés sont l'*intention*, c'est-à-dire la manière de présenter l'information contenue dans le message, et le *contenu*, l'information elle-même (figures 5.8 et 5.9). Ces deux propriétés sont particulièrement adaptées pour inclure la TOR [138], puisque le cadrage promotion ou prévention intervient justement dans la manière de formuler l'information, et lorsque l'adéquation se produit entre le contenu du message et l'OR du lecteur, le caractère persuasif du message est renforcé [27]. Les contenus "*retour d'information*" et "*argument*" sont par ailleurs utilisés dans la littérature utilisant la TOR pour motiver à l'activité physique, comme par exemple dans Martinez *et al.* [101], un message avançant les bénéfices de l'activité physique : "*l'exercice régulier peut vous aider à améliorer votre santé*" (cadrage promotion) ou "*ne pas faire d'exercice régulier peut entraîner des problèmes de santé*" (ca-

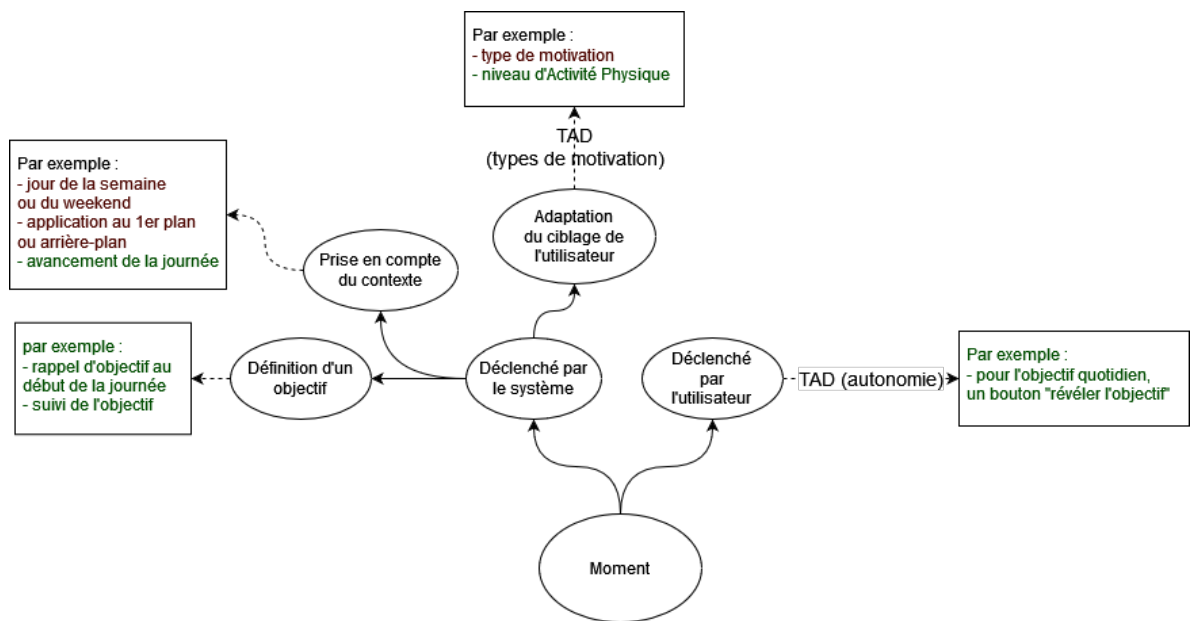


Figure 5.7 – Propriété "moment" des messages motivationnels de PADME.
Adapté de op den Akker *et al.* [6].

En rouge, les exemples possibles mais non implémentés dans le modèle.
En vert, les exemples possibles et implémentés dans le modèle.

drage prévention).

La formulation d'un retour d'information peut inclure une approche promotion ou prévention, par exemple "*vous avez atteint 5000 pas*" (cadrage promotion) ou "*il vous reste 2000 pas à faire*" (cadrage prévention). Un retour d'information contribue par ailleurs à la satisfaction du besoin de compétence, en donnant à l'utilisateur de l'information sur ses propres actions [143].

Les messages eux-mêmes (le contenu) ont été construits à partir de la littérature : nous avons traduit les messages en anglais issus de [1-3, 5, 6, 42, 47, 101, 133, 145], et nous avons importé les messages en français issus de [29, 87, 100], en ne gardant que ceux pour lesquels les composants de notre cadre sont clairement identifiables. Par exemple, le message "*Une activité physique suffisante réduira les risques de maladies cardiovasculaires.*" est un message encourageant (son intention : une activité physique suffisante), formulant un argument orienté prévention (son contenu : réduire un risque). Nous avons ensuite utilisé des synonymes de certains mots pour augmenter le volume de messages, par exemple en remplaçant le mot "*quotidien*" par "*journalier*". Par économie de temps, et parce que les messages sont issus de publications ayant montré leur efficacité pour la promotion de l'activité physique (les études mentionnées ci-dessus), nous n'avons pas fait d'étude pour valider cet ensemble-ci. La totalité des messages est fournie en annexe.

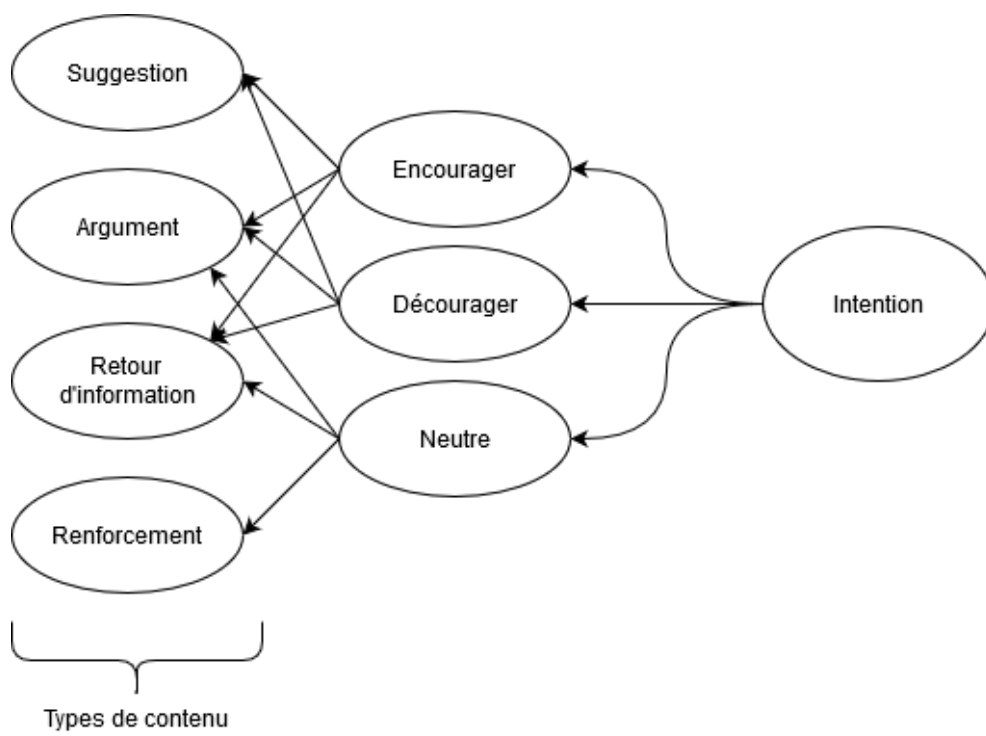


Figure 5.8 – Propriété "intention" des messages motivationnels de PADME.
Adapté de op den Akker *et al.* [6].

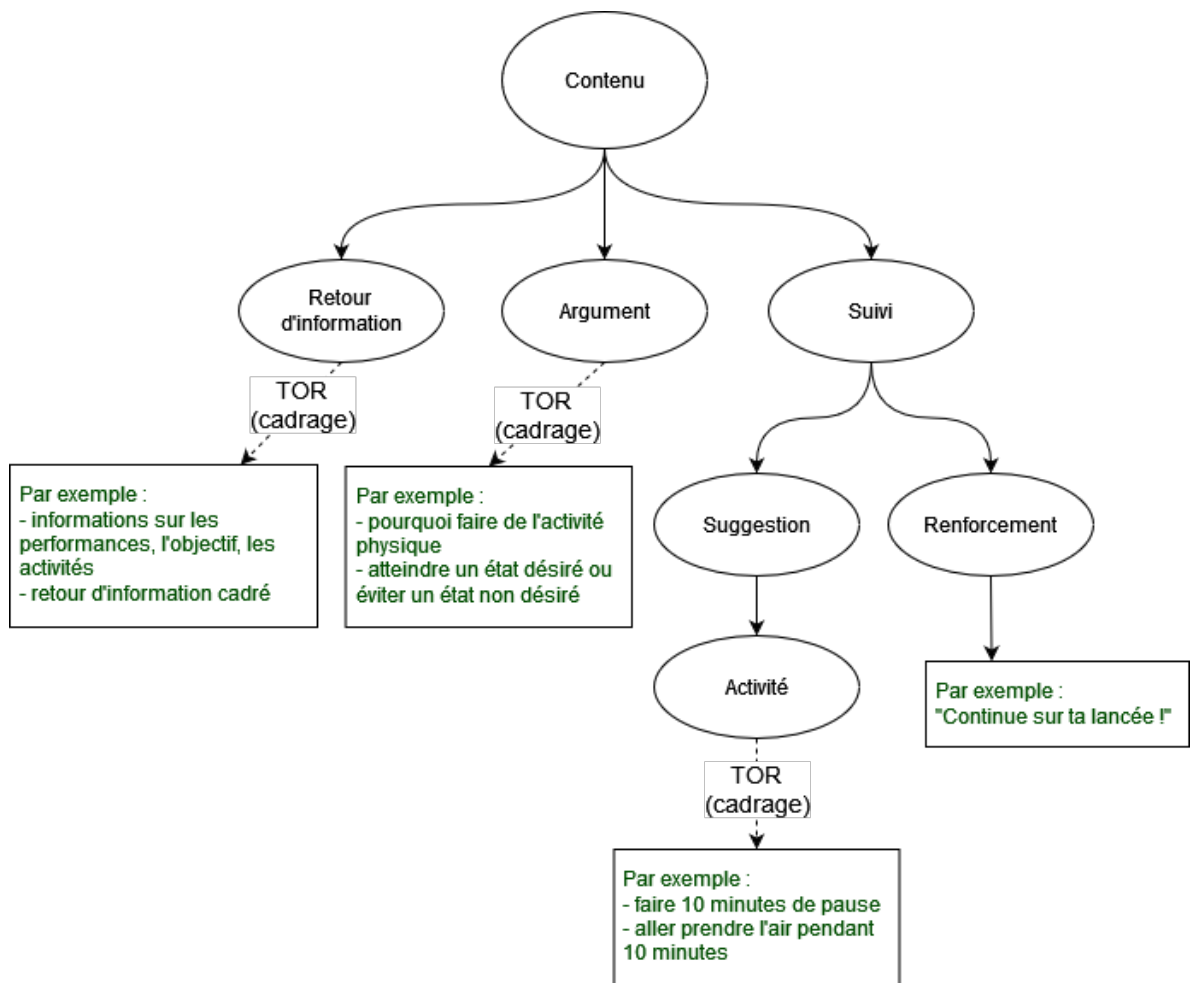


Figure 5.9 – Propriété "contenu" des messages motivationnels de PADME.
Adapté de op den Akker *et al.* [6].
En vert, les exemples possibles et implémentés dans le modèle.

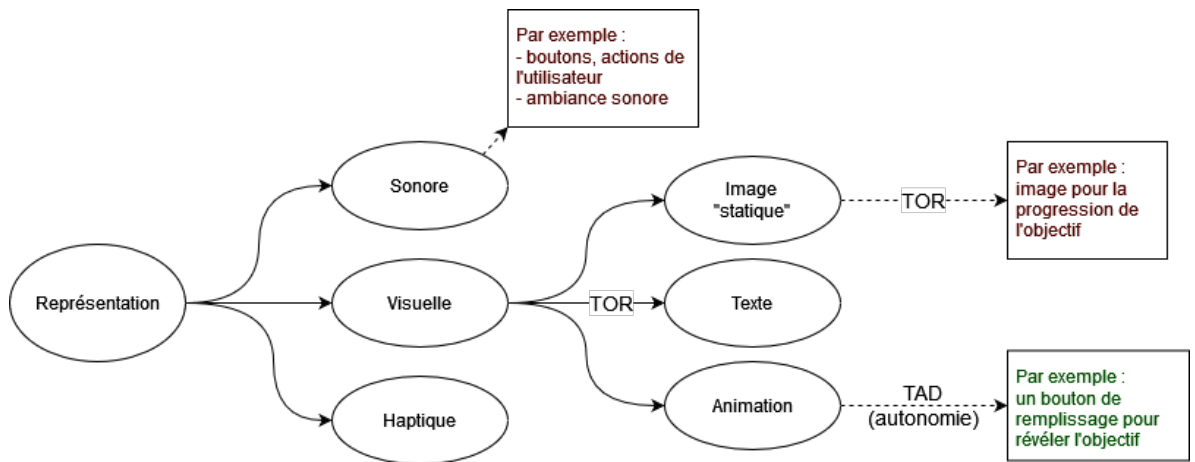


Figure 5.10 – Propriété "représentation" des messages motivationnels de PADME.
Adapté de op den Akker *et al.* [6].

En rouge, les exemples possibles mais non implémentés dans le modèle.
En vert, les exemples possibles et implémentés dans le modèle.

Enfin, la quatrième propriété est la représentation, c'est-à-dire le support utilisé pour transmettre l'information (figure 5.10). Les inclusions de la TOR précédemment présentées portent essentiellement sur la formulation d'un message, la modalité "texte", pour porter le message à l'attention de l'utilisateur, est alors la plus indiquée. Comme l'indiquent op den Akker *et al.* [6], le texte est souvent combiné avec une autre modalité, une image ou une animation par exemple. Dans le cas d'une image, il est possible d'adapter les caractéristiques telles que les formes ou les couleurs pour correspondre aux orientations promotion ou prévention [46].

Un exemple de texte combiné à une animation et une interaction est présenté sur la figure 5.10 : un bouton-poussoir pour révéler l'objectif quotidien à l'utilisateur, que l'utilisateur active lui-même (voir section 5.2.3. pour plus de détails).

La description de ces quatre propriétés, et de leurs sous-composants, permet d'analyser et de comprendre comment un message motivationnel est construit, mais elle ne décrit pas quand ces messages sont administrés aux utilisateurs par le système, ni ce qui les déclenche, autrement dit, comment est concrètement gérée la propriété *moment*. Nous expliquons en pratique comment PADME envoie un message à l'utilisateur dans la partie suivante.

Le schéma complet du cadre de conception est illustré en annexe.

5.2.2. L'arbre du temps ou "quand envoyer un message?"

Le modèle PADME, et l'application qui l'implémente, ont pour but de motiver à la marche. Cela est réalisé par un objectif quotidien en nombre de

pas adapté à l'utilisateur qui lui est fourni à chaque début de journée. Nous avons donc articulé la diffusion des messages à travers la journée en fonction de l'avancement de cet objectif, une méthode également suivie par Achterkamp *et al.* [1], où les seuils de 40% et 70% de l'objectif étaient surveillés à des moments précis de la journée (respectivement 12h et 17h). La différence principale par rapport à leurs travaux réside dans l'action à réaliser si le seuil de 40% à 12h ou 70% à 17h ne sont pas atteints. D'autres études mentionnent des envois aléatoires entre 8h et 18h [3], ou à des horaires de la journée précis, définis par les expérimentateurs [25], ou en coordination avec les participants [99]. Pour nos travaux, nous avons choisi de commencer la journée à 8h et de la terminer à 20h, et d'envoyer jusqu'à trois messages entre ces deux échéances, portant à 5 le nombre total de messages pouvant être envoyés à l'utilisateur par jour. D'après la taxonomie de Villalobos-Zuñiga et Cherubini [143], la présence de messages motivationnels dans les applications de suivi et de motivation à l'activité physique permet de renforcer le sentiment d'autonomie, car les messages incitent l'utilisateur à réfléchir aux raisons qui l'ont poussé à être actif en premier lieu.

La décision d'envoyer des messages repose donc sur deux variables : le moment T, qui symbolise l'écoulement du temps, et l'avancement de l'objectif, mesuré à chaque moment T, au nombre de cinq : T₁ (à 8h), T_{1.5} (à 9h), T₂ (à 11h), T₃ (à 17h) et T₄ (à 20h). L'avancement de l'objectif est traduit par un pourcentage, et est réparti en trois cas : avancement de l'objectif inférieur à 30% (<30% sur les schémas), avancement entre 30% et 90% (30-90% sur les schémas) et avancement supérieur à 90% (>90% sur les schémas). L'action (ou l'absence d'action) ainsi que la teneur de chaque message, à chaque moment T, dépend de l'OR de l'utilisateur (promotion ou prévention).

5.2.2.1. Trois arbres du temps

En plus des deux cadrages promotion et prévention appliqués aux messages motivationnels, nous avons considéré un troisième cas possible : les participants dits d'OR neutre, c'est-à-dire pour lesquels les scores promotion et prévention sont identiques, signifiant donc qu'ils sont autant sensibles à l'une ou l'autre des approches. Dans le cas d'une OR neutre, il n'y a pas d'évaluation de l'avancement de l'objectif aux différents moments de la journée, et les messages motivationnels ne sont pas cadrés avec une OR en particulier.

Les messages envoyés sont construits de manière identique pour tous les participants d'OR neutre (figure 5.11) : il s'agit d'une combinaison entre un retour d'information sur le nombre de pas courant et un encouragement à continuer la marche, le contenu de l'encouragement variant légèrement selon le moment de la journée où le message est envoyé : de T₁ à T₃, les messages ne sont pas cadrés, et pour T₄, un tirage aléatoire parmi les messages

promotion et prévention est réalisé.

L'arbre du temps est la mise en œuvre temporelle de l'envoi des messages : pour les OR promotion et prévention, cet arbre dépend du temps et de l'avancement de l'objectif, pour l'OR neutre, l'arbre ne dépend que du temps. Il y a donc dans notre modèle, trois cadrages de messages, et trois arbres du temps, c'est-à-dire trois algorithmes de distribution des messages : nous détaillons chaque arbre dans les sous-sections suivantes, chaque branche correspondant à un moment T de la journée. Les messages motivationnels ont pour but essentiel de motiver à la marche, en vue d'atteindre l'objectif quotidien adapté proposé à l'utilisateur. Avant chaque génération de message, et pour toutes les OR, si l'objectif est déjà atteint, le système envoie un unique message de félicitations, et ne sollicite plus l'utilisateur jusqu'au lendemain.

5.2.2.2. Différences de traitement

La différence de traitement entre les arbres promotion et prévention tient dans les sensibilités de chaque type d'OR. Les messages d'encouragement aux utilisateurs d'OR promotion, à T₂ et T₃, sont générés dans un contexte de faible risque perçu, ce qui augmente leur effet persuasif [91]. En effet, avec une journée essentiellement portée sur l'après-midi, il semble normal que l'avancement de l'objectif soit inférieur à 30% à 11h (T₂), puis entre 30% et 90% à 17h (T₃).

Si nous suivons cette réflexion pour les individus d'OR prévention, les messages sont générés au contraire dans un contexte de fort risque perçu, ce qui augmente aussi leur effet persuasif [91]. En effet, les utilisateurs d'OR prévention reçoivent un message si leur avancement est inférieur à 30% seulement à partir de 17h (T₃), c'est-à-dire lorsqu'il est plus probable d'échouer à atteindre l'objectif avant la fin de la journée.

5.2.2.3. Message de début de journée à T₁

Le message du début de journée est envoyé par le système à 8h, horaire utilisé aussi dans la littérature [2, 25, 29]. Il dépend uniquement de l'orientation régulatrice (OR) de l'utilisateur et il a pour but de l'encourager à la marche, en l'invitant à ouvrir l'application pour prendre connaissance de son objectif quotidien adapté.

Par exemple, le début du message est commun aux trois OR : "*Une nouvelle journée commence ! Ouvre l'application pour dévoiler ton objectif.*", puis, un exemple promotion : "*Les efforts que tu feras porteront leurs fruits !*" ou prévention : "*Tu feras le nécessaire pour ne pas échouer !*".

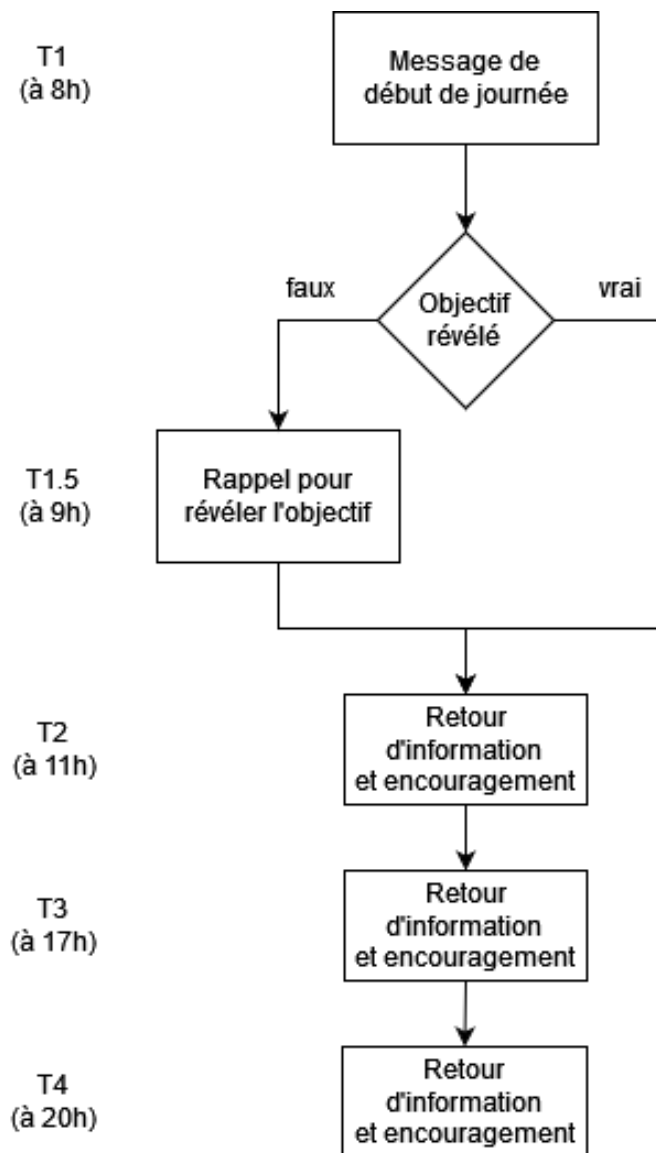


Figure 5.11 – Arbre du temps pour les participants d'OR neutre.

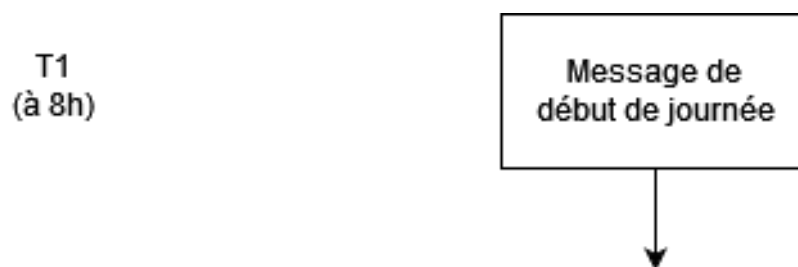


Figure 5.12 – T1 : message du début de journée

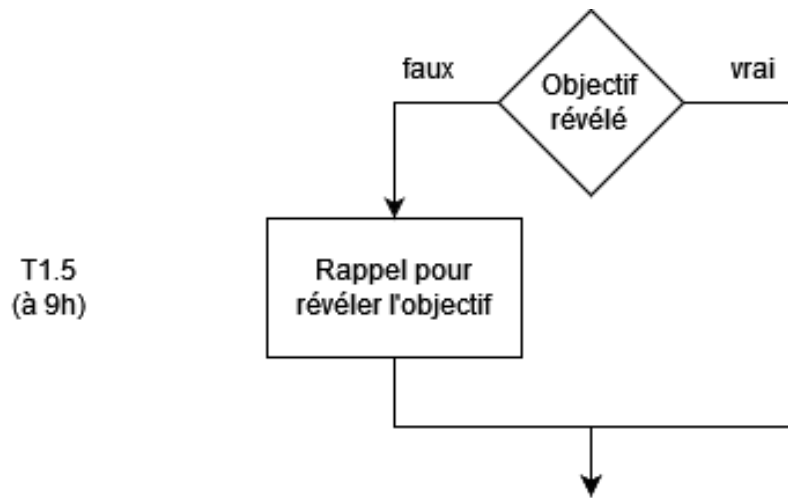


Figure 5.13 – Message de rappel à T1.5

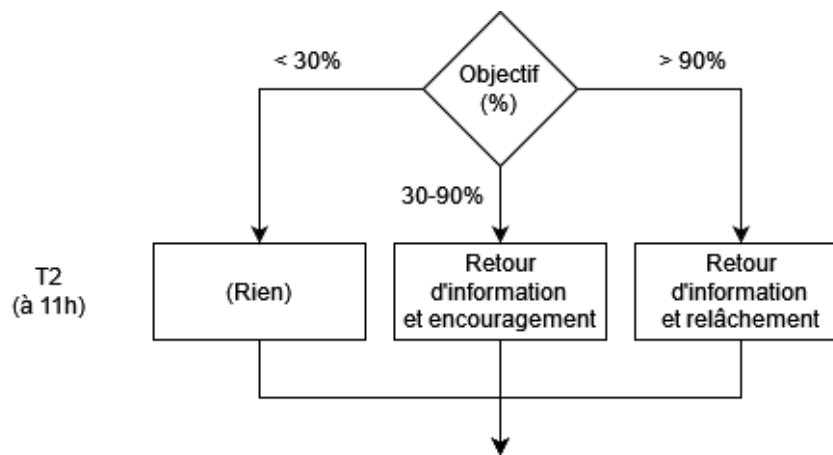


Figure 5.14 – Evaluation et décision à T2 - Profil "prévention"

5.2.2.4. Message de rappel à T1.5

Un message de rappel pour prendre connaissance de l'objectif du jour se déclenche à 9h, mais uniquement si l'objectif n'a pas encore été révélé. Il ne révèle pas l'objectif, et il est identique pour tous les profils : "*Pense à ouvrir l'application pour révéler ton objectif!*".

5.2.2.5. Message de mi-journée à T2

Le message à T2 se produit à 11h. Il s'agit de la première évaluation de l'avancement de l'objectif, similaire aux travaux de Achterkamp *et al.* [1], à la suite de laquelle une action (ou une absence d'action) différente est accomplie, selon cet avancement et selon le profil de l'utilisateur (figures 5.15 et 5.14).

Si l'avancement est inférieur à 30%, il ne se passe rien pour les profils

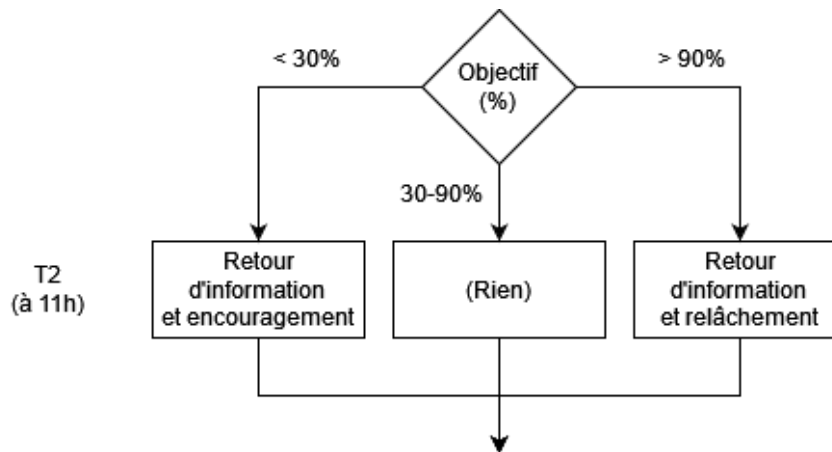


Figure 5.15 – Evaluation et décision à T2 - Profil "promotion"

"prévention" (figure 5.14). Les profils "promotion" (figure 5.15) reçoivent un message composé d'un retour d'information sur leur performance ainsi qu'un encouragement, par exemple : *"Tu es un peu moins actif. Une augmentation de l'activité physique peut te faire te sentir plus dynamique."* (message adapté de [6]).

Si l'avancement est entre 30% et 90%, c'est l'inverse : les profils "promotion" n'ont pas de message, tandis que les profils "prévention" reçoivent retour d'information et un encouragement, cadré selon leur orientation régulatrice. Par exemple : *"Une activité physique régulière évite d'avoir du diabète de type 2, des maladies cardiaques et de la prise de poids."* (adapté de [2]).

Enfin, si l'avancement est supérieur à 90%, la teneur du message est la même pour les deux profils, quoique le cadrage diffère toujours : indiquer la progression à l'utilisateur, tout en l'invitant à se reposer, ou à temporiser son effort. Par exemple : *"Vous vous débrouillez très bien ce matin, mais n'oubliez pas de garder un peu d'énergie pour le soir."* [1] pour les profils "prévention".

5.2.2.6. Message d'après-midi à T3

Le message à T3 se produit environ à 16h. Une nouvelle évaluation de l'avancement de l'objectif est réalisée, à la suite de laquelle un processus identique à celui de T2 est suivi (figures 5.16 et 5.17). Les actions selon l'avancement de l'objectif sont différentes de celles à T2, afin de tenir compte de l'avancement temporel de la journée.

5.2.2.7. Message de fin de journée à T4

Le message de fin de journée à T4 se produit aux alentours de 20h. Une dernière évaluation de l'avancement de l'objectif est réalisée, identique à tous les profils : en cas d'atteinte proche (avancement supérieur à 90% mais infé-

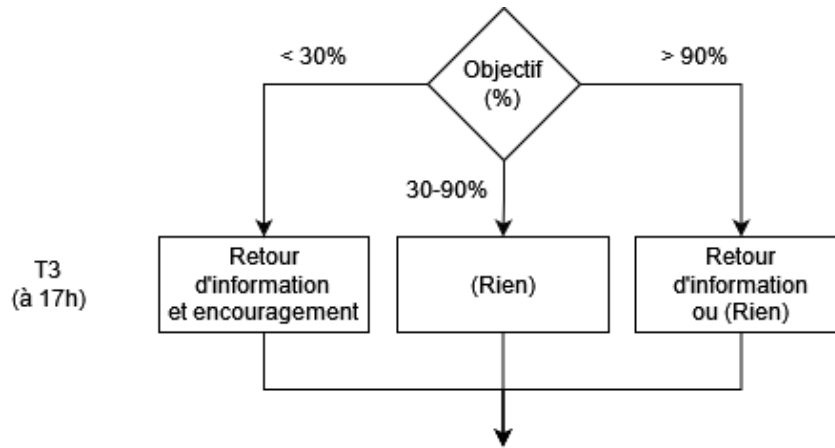


Figure 5.16 – Evaluation et décision à T3 - Profil "prévention"

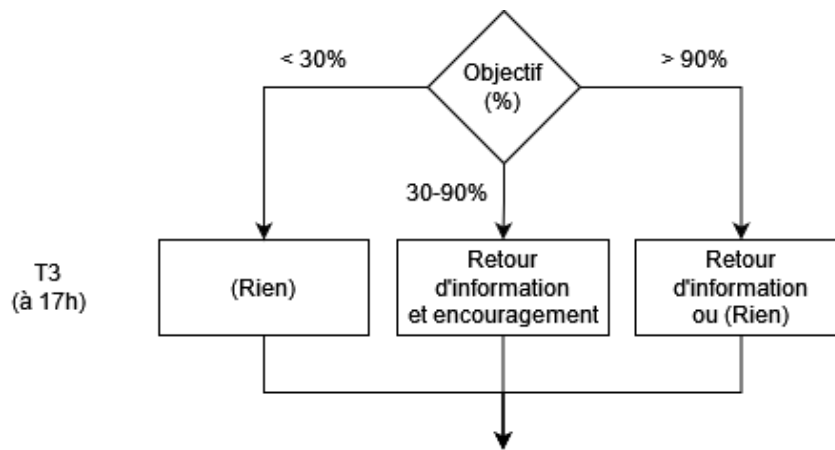


Figure 5.17 – Evaluation et décision à T3 - Profil "promotion"

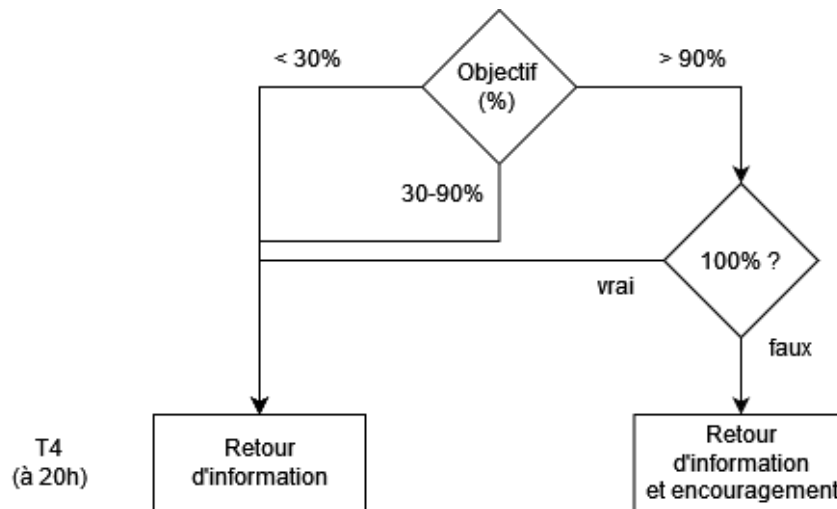


Figure 5.18 – Message de fin de journée à T4.

rieur à 100%), un dernier message d'encouragement est adressé à l'utilisateur. Sinon, un retour d'information neutre sur le nombre de pas marchés est envoyé.

En résumé, les messages motivationnels essentiels sont envoyés à T1, T2 et T3. T1.5 est un message de rappel, dans le cas où le message de T1 a été manqué ou ignoré. T4 est l'affichage du résultat de la journée ou un dernier encouragement pour compléter l'objectif. Les deux arbres complets sont présentés en annexe.

5.2.3. Mise à jour de l'interface graphique

Nous avons repris et fait évoluer l'application PADME sur mobiles Android. Les trois composants principaux de l'application (interface graphique, service et modèle) ont évolué avec l'inclusion des interactions motivationnelles présentées à la section précédente. Les onglets de l'historique de marche et d'à propos sont identiques à la première version.

Trois modifications majeures ont été implémentées : la mise à jour de l'écran d'accueil, l'ajout de l'onglet d'historique des messages, et la mise à jour du questionnaire quotidien.

5.2.3.1. Mise à jour de l'écran d'accueil

Deux ajouts ont été faits à l'écran d'accueil (figure 5.19 - "*Glisser pour révéler ton objectif*") : une interaction pour révéler l'objectif quotidien, et l'affichage d'un message motivationnel avec un bouton de "*validation*". L'interaction de révélation de l'objectif quotidien est un cas particulier d'un message : le moment de la révélation est choisi par l'utilisateur lorsqu'il actionne le bouton-poussoir, l'intention du message est neutre, car il s'agit simplement d'afficher

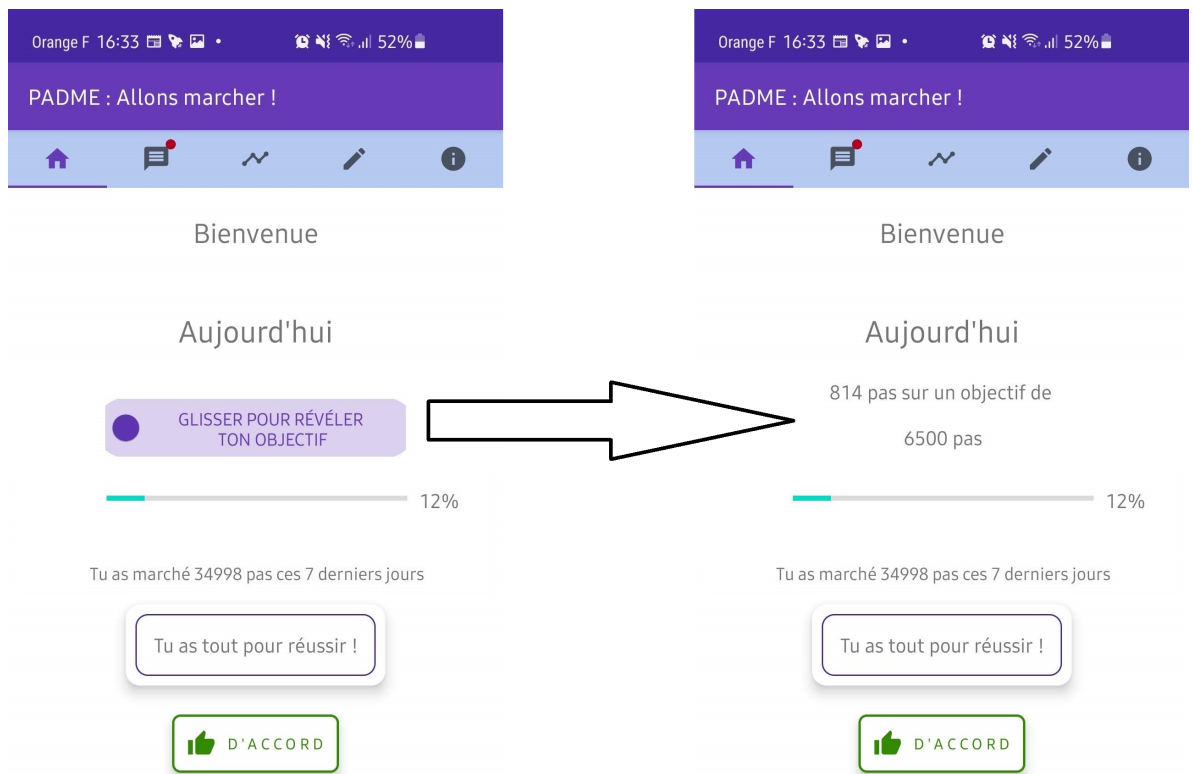


Figure 5.19 – Interaction pour révéler l'objectif quotidien à l'utilisateur. L'utilisateur doit faire glisser son doigt de gauche à droite pour dévoiler l'objectif quotidien. L'interaction se réinitialise en début de journée.

l'objectif en nombre de pas, le contenu de ce message est une quantité de pas à atteindre dans la journée et cet objectif est représenté dans un format textuel. Cette action, initiée par l'utilisateur, renforce le sentiment d'autonomie : l'utilisateur fait le choix délibéré de révéler l'objectif quotidien [131]. La présence d'un objectif quotidien contribue également au sentiment d'autonomie, d'après la taxonomie de [143].

Le message motivationnel affiché sur l'écran d'accueil (figure 5.19 - "*Tu as tout pour réussir!*") est le dernier message ayant été envoyé par le système à l'utilisateur, et qu'il n'a pas encore lu ou accusé réception, ce qui est indiqué par deux éléments graphiques : la présence du bouton "*D'accord*" sur l'écran d'accueil, qui disparaît ensuite, et la pastille rouge sur l'icône de l'onglet de l'historique des messages, qui est un élément visuel couramment utilisé pour indiquer la présence d'une mise à jour dans une application [15]. Le message est transféré dans l'historique des messages avec un contour vert si l'utilisateur a cliqué sur le bouton "*D'accord*", ou avec un contour noir s'il n'a pas cliqué avant de recevoir le message suivant.

Le bouton de validation "*D'accord*" possède lui-même un double objectif. Du point de vue de la motivation, cette interaction permet de satisfaire là aussi le sentiment d'autonomie : l'utilisateur lit le message et indique son approbation par l'interaction, il fait le choix délibéré de valider le message [131, 143]. D'un point de vue technique et de la collecte de données, cette interaction permet de compter les messages effectivement lus par les utilisateurs - nous reviendrons sur cette donnée dans la section 5.3.4.2., sur les résultats des mesures effectuées sur l'application lors de notre deuxième étude.

5.2.3.2. L'historique des messages

L'ensemble des messages motivationnels envoyés par le système à l'utilisateur, qu'ils aient été lus, validés, ou ignorés, sont sauvegardés dans le nouvel onglet d'historique des messages (figure 5.20). La date et l'heure de réception sont indiquées pour chaque message.

Les messages encadrés en vert sont ceux ayant été validés par le bouton "*D'accord*" de l'écran principal.

5.2.3.3. Mise à jour du questionnaire quotidien

Nous avons mis à jour le questionnaire quotidien (figure 5.21) par l'adoption d'un ton moins formel (passage au tutoiement) et l'ajout d'une question en rapport avec la perception des messages par l'utilisateur. Les trois questions sont :

- "*Comment as-tu perçu l'objectif de X pas ?*" Avec X l'objectif quotidien adapté à l'utilisateur.
- "*Perçois-tu les messages comme pertinents ?*"
- "*Que penses-tu de ta performance d'aujourd'hui ?*"

Pour chaque question, les réponses sont des échelles de Likert en 5 points, de 1 "*pas du tout réalisable / pertinents / satisfait*" à 5 "*tout à fait réalisable / pertinents / satisfait*".

Nous avons conservé la zone de texte libre, permettant à l'utilisateur de s'exprimer ou de remonter une information. Cette zone était précédée du texte : "*N'hésite pas à nous signaler toute information que tu jugeras utile*".

5.2.4. Génération et mode de transmission

Lorsque la décision est prise par le système de générer un message, selon les conditions décrites dans la section 5.2.2., un tirage aléatoire est réalisé parmi le groupe de messages concernés. L'application dispose de messages :

- D'encouragement à T1, à T2 / T3 (ce sont les mêmes) et à T4, différents pour chaque OR,
- De révélation de l'objectif à T1.5, neutres pour tous,
- De relâchement à T2 / T3, différents pour les OR promotion et prévention,

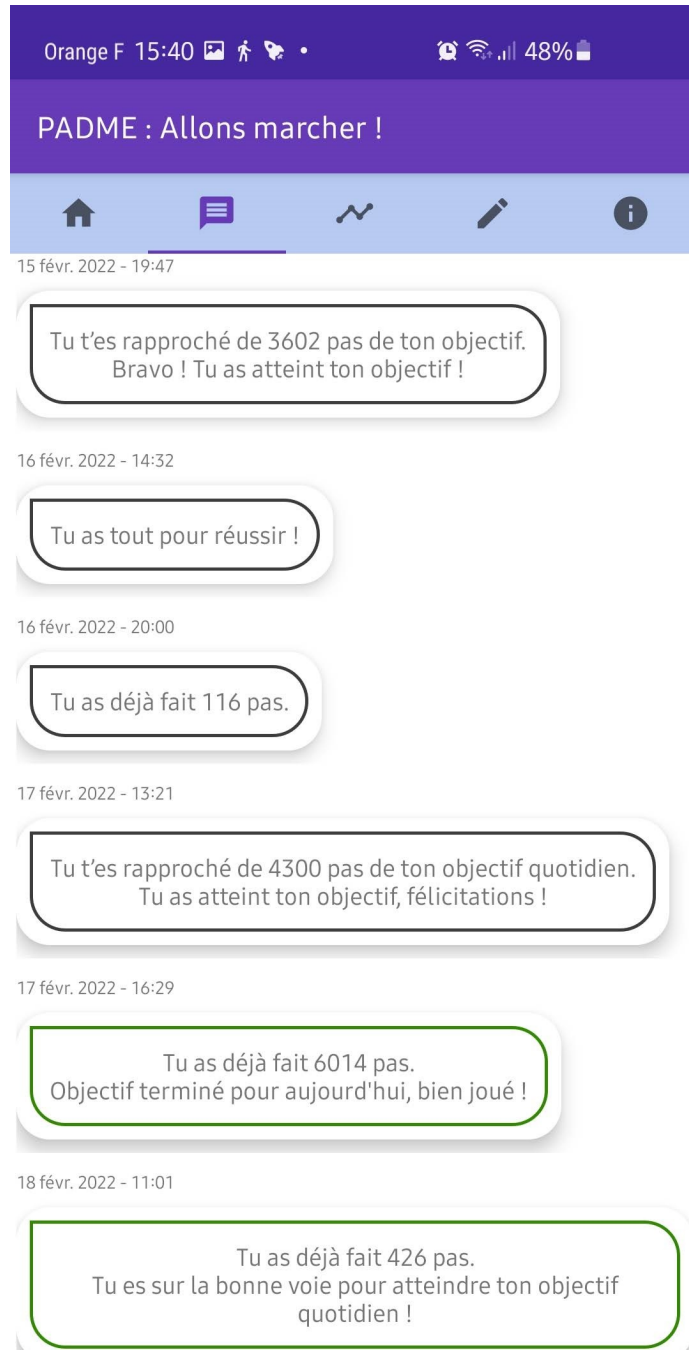


Figure 5.20 – Historique des messages. Les messages au contour vert ont été validés par l'utilisateur sur l'écran d'accueil. Les messages au contour noir ne l'ont pas été.

Orange F 15:41 [icônes] 48%

PADME : Allons marcher !

Questionnaire quotidien

Comment as-tu perçu l'objectif de 6500 pas ?
1 : Pas du tout réalisable ; 5 : Tout à fait réalisable

1 2 3 4 5

Perçois-tu les messages comme pertinents ?
1 : Pas du tout pertinent ; 5 : Tout à fait pertinent

1 2 3 4 5

Que penses-tu de ta performance d'aujourd'hui ?
1 : Pas du tout satisfait ; 5 : Tout à fait satisfait

1 2 3 4 5

N'hésite pas à nous signaler toute information que tu jugeras utile :

Ton commentaire (optionnel)

VALIDER

Figure 5.21 – Le questionnaire quotidien, optionnel, de la deuxième version de PADME.

- De retour d'information, différents pour chaque OR,
- D'objectif accompli, neutres pour tous.

Le mode de transmission des messages dépend de l'état de l'application au moment de l'envoi du message : arrière-plan ou premier plan. Si l'application est au premier plan, le message apparaît directement dans l'application, sur l'écran d'accueil et dans l'onglet de l'historique des messages avec le système (figure 5.20).

Si l'application est en arrière-plan, ou si elle est fermée au moment de la réception d'un message, alors l'utilisateur reçoit une notification Android contenant le message. A l'ouverture suivante de l'application, ou au clic sur la notification Android, le message motivationnel est affiché dans la section historique des messages de l'application, et également sur l'écran d'accueil. L'utilisateur est ainsi informé d'un événement, sans toutefois être obligé d'ouvrir l'application pour prendre immédiatement connaissance du message, dans le but de respecter son activité au moment de la transmission du message [17].

5.2.5. Résumé de la dimension "adaptation de messages motivationnels"

Dans cette section, nous avons décrit la dimension d'adaptation de messages motivationnels pour la marche de notre modèle PADME, ainsi que son implémentation dans l'application Android du même nom. Cette dimension comprend des éléments issus de la TAD et de la TOR qui adaptent et personnalisent l'application et ses interactions à l'utilisateur, afin de l'inciter à marcher davantage.

L'adaptation de messages motivationnels se focalise sur deux aspects : la génération des messages à proprement parler, et leur envoi à l'utilisateur par le système. Nous nous inspirons du cadre de travail d'op den Akker *et al.* [6] pour la génération des messages, avec notamment les quatre propriétés du message : son moment, son intention, son contenu et sa représentation. Dans PADME, l'utilisateur est à l'initiative de l'envoi d'un message dans un cas particulier : la révélation de son objectif quotidien, par le biais d'une interaction sur l'écran d'accueil. L'utilisateur est d'ailleurs libre de choisir de révéler son objectif, cette liberté renforce son sentiment d'autonomie [131]. Le système est l'initiateur de tous les messages motivationnels. L'intention des messages peut être d'encourager l'utilisateur à poursuivre son comportement, ou au contraire à relâcher son effort, car il est en avance sur son objectif, ou encore l'intention peut être neutre, comme dans un retour d'information. Le contenu d'un message est son sujet : il peut s'agir d'un retour d'information sur ses performances, ses activités, un argument sur la pratique de la marche, ou un message de suivi, par exemple la suggestion d'une nouvelle activité. Enfin, la

représentation d'un message désigne le support sur lequel il est communiqué : en l'occurrence pour PADME, la représentation est visuelle au format texte. Pour l'intention et le contenu d'un message, qui constituent l'essentiel de la formulation d'un message, nous appliquons un cadrage selon l'OR de l'utilisateur, dans le but de susciter l'adéquation (le fit), expérience qui renforce le caractère persuasif d'un message [27].

Le deuxième aspect de l'adaptation des messages motivationnels est l'adaptation de leur envoi à l'utilisateur par le système. Nous avons défini trois "arbres du temps", c'est-à-dire trois algorithmes d'envoi de messages, selon l'OR de l'utilisateur : un arbre promotion, un arbre prévention, et un arbre neutre. La différence de traitement entre les arbres promotion et prévention est caractérisée par la sensibilité au risque perçu de chaque profil. Les individus d'OR promotion sont plus sensibles à des messages motivationnels dans un contexte de faible risque perçu, et les individus d'OR prévention sont plus sensibles à ces messages dans un contexte de fort risque perçu [91]. Les arbres délivrent ainsi de préférence des messages le matin (promotion) ou l'après-midi (prévention). En plus, une évaluation de l'avancement de l'objectif quotidien est réalisée à chaque marqueur temporel afin d'affiner la nécessité d'envoyer un message, une méthode suivie également par Achterkamp *et al.* [1]. Ainsi, un utilisateur de PADME peut recevoir de un à cinq messages motivationnels par jour : un message à 8h (T1) pour démarrer la journée, un ou plusieurs messages à 11h (T2), puis 17h (T3), puis 20h (T4), en fonction de son avancement de l'objectif.

Les messages sont envoyés par des notifications Android, ou directement sur l'écran d'accueil de l'application si celle-ci se trouve au premier plan. Nous avons mis à jour l'application PADME pour permettre l'envoi, l'affichage et la sauvegarde des messages. L'écran d'accueil affiche le dernier message reçu, un bouton "D'accord" en dessous, faisant office d'accusé-réception, et renforçant le sentiment d'autonomie de l'utilisateur [131, 143] ainsi qu'une pastille rouge sur l'icône de l'historique des messages pour signaler une mise à jour [15]. L'historique des messages est l'inventaire de tous les messages reçus par l'utilisateur depuis la première installation de l'application.

Dans la section suivante, nous présentons notre deuxième étude longitudinale sur le terrain visant à évaluer la dimension d'adaptation des messages motivationnels que nous venons de présenter.

5.3. Étude n°2 : Adaptation de messages motivationnels

5.3.1. Contexte et intérêt de l'étude

Dans la section 5.1 de l'état de l'art, nous avons examiné les messages motivationnels pour la marche, en mettant en évidence la notion de cadrage et son impact sur la perception, la réponse, et donc les choix individuels. Dans le contexte de la TOR, lorsque le cadrage d'un message est aligné sur l'OR d'une personne, elle ressent l'adéquation (le fit) et elle est plus sensible au message. Le cadrage de messages est très utilisé pour promouvoir la marche et ses effets bénéfiques sur la santé et le bien-être des individus, en adaptant des brochures et des tracts aux OR des lecteurs [53, 89, 121, 122, 124]. Certaines interventions de marche proposent cependant d'autres techniques de changement de comportement, telles que la définition d'objectif, le *tailoring* ou la *personnalisation*, sans cadrer les messages de motivation envoyés aux participants de ces études [1, 2, 68]. Il serait intéressant de pouvoir combiner les deux approches : pendant une intervention de marche, proposer des messages motivationnels cadrés, et envoyés aux moments les plus opportuns selon le profil de chaque utilisateur.

Nous avons ensuite présenté la dimension "adaptation de messages motivationnels" de notre modèle PADME dans la section 5.2 en expliquant l'ajout original de la Théorie de l'Orientación Régulatrice à la génération de messages, en nous inspirant du cadre de travail d'op den Akker *et al.* [6]. Nous proposons à présent une étude pour évaluer cette nouvelle dimension de notre modèle, qui adresse certaines limites évoquées en introduction de ce chapitre.

5.3.2. Hypothèses

L'hypothèse principale de cette étude est qu'un message motivationnel adapté à l'OR de l'utilisateur a un impact plus grand sur sa motivation à la marche, et permet donc l'amélioration progressive de sa pratique, et par extension, de son niveau d'activité physique général. Depuis le début de ce travail, motiver à marcher et à l'activité physique en général est notre objectif, dans le but d'atteindre les recommandations d'activité physique quotidienne et hebdomadaire [76, 115].

La littérature et notre état de l'art montrent que les messages motivationnels, qu'ils soient cadrés selon l'OR de l'utilisateur ou qu'ils soient construits avec des techniques de changement de comportement, ont un effet positif sur les intentions de pratique d'activité physique ou directement sur la marche. Cependant, peu d'études lient les deux approches, et aucune dans un contexte de mobiles multifonctions personnels [28].

Notre hypothèse principale se divise ainsi en plusieurs hypothèses secon-

dares :

- H1 : Des messages motivationnels cadrés selon l'OR de l'utilisateur améliorent davantage le niveau d'activité physique général (IPAQ) au cours du temps que des messages non cadrés.
- H2 : Des messages motivationnels cadrés selon l'OR de l'utilisateur permettent une meilleure progression du volume de pas marchés au cours du temps que des messages non cadrés.
- H3 : Des messages motivationnels cadrés selon l'OR de l'utilisateur améliorent davantage la motivation à la marche que des messages non cadrés.
- H4 : Une application avec des messages cadrés est plus persuasive (quant à son utilisation, son but) qu'une application avec des messages non cadrés.

5.3.3. Méthode

5.3.3.1. Participants

Cinquante adultes ont participé à cette étude. Les participants ont été recrutés par courriel, par les réseaux sociaux et par des affiches disposées dans plusieurs villes d'Île-de-France. Quelques participants ayant participé à la première étude se sont de nouveau portés volontaires pour celle-ci. Pour pouvoir participer à l'étude, les participants devaient être majeurs, comprendre le français écrit, ne pas avoir de contre-indication à l'activité physique et posséder un téléphone Android.

A la fin de l'évaluation, 32 participants (21-75 ans, moyenne de 38 ans) ont terminé l'intervention de 4 semaines. Dix-huit participants furent exclus des résultats pour cause d'abandon ou de problèmes techniques pendant l'étude.

Malgré le nombre restreint de participants ayant terminé l'étude (32 personnes), essentiellement à cause de problèmes techniques, nous essayons quand même de faire des analyses et de comparer les conditions adaptée et contrôle. Aussi, les résultats et leurs interprétations sont à relativiser au regard de ce nombre.

5.3.3.2. Mesures

5.3.3.2.1. Données de questionnaires.

Nous avons conservé de la première étude les questionnaires IPAQ, EMAPS et EORAP (Craig 2003, Boiché 2019, Laroche 2019). A la fin de l'intervention, les participants ont également rempli le PPQ (*Perceived Persuasiveness Questionnaire, Questionnaire de Persuasion Perçue* [77]), mesurant la perception globale de l'application (incluant donc les messages motivationnels) en matière de persuasion.

Le questionnaire PPQ est composé de 31 items répartis en 9 construits.

Les items peuvent être adaptés au contexte d'utilisation, en introduisant les mots "application" ou "système" à la place de "technologie", et en précisant le but poursuivi par l'application, dans notre cas, la motivation à la marche. Par exemple, un item du questionnaire adapté à notre contexte serait : "*PADME m'aide à changer mes habitudes de marche*". Les neuf construits mesurent à quel point :

- l'application aide à atteindre le but poursuivi (soutien de la tâche principale)
- l'application donne un retour d'information et des instructions à l'utilisateur (perception du soutien)
- l'application est perçue comme fiable et de confiance (crédibilité perçue)
- l'application permet à l'utilisateur de partager et d'apprendre avec ses pairs (perception du soutien social)
- les utilisateurs pensent que l'application a de la valeur et a une influence sur eux (perception du caractère persuasif de l'application)
- l'application perturbe la vie quotidienne (perception de la discrétion)
- l'application demande un effort pour son utilisation (perception de l'effort)
- l'application est efficace (perception de l'efficacité)
- l'application continuera d'être utilisée par les utilisateurs à l'avenir (maintien de l'utilisation)

5.3.3.2.2. Données des fonctions de l'application.

Plusieurs données liées à l'utilisation de l'application et aux interactions humain-machine sont également collectées, certaines ayant été conservées de la première étude :

- le nombre de pas quotidien
- les messages reçus, et s'ils ont été validés par l'utilisateur (appui sur le bouton "D'accord")
- la révélation de l'objectif quotidien (avec le bouton-poussoir)
- l'atteinte de l'objectif quotidien
- le nombre de connexions à l'application
- le nombre de consultations de l'écran d'historique
- les réponses au questionnaire quotidien optionnel

5.3.3.3. Conditions expérimentales

Les participants ont été répartis de manière équilibrée entre deux conditions expérimentales (figure 5.22), avec la même durée d'intervention (un mois).

Dans la condition **contrôle**, les messages sont neutres : ils ne sont pas formulés pour correspondre à l'orientation régulatrice de l'utilisateur. Les messages envoyés sont systématiquement des retours d'information avec un en-

couragement et ils ne tiennent pas compte de l'avancement de l'objectif, par exemple, pour un message à T2 : "*C'est le moment d'aller te promener!*".

Dans la condition **adaptée**, les messages correspondent à l'orientation régulatrice de l'utilisateur, par exemple "*Vous êtes sur la voie du succès!*" pour les participants d'OR promotion et "*Ne perdez pas de vue votre objectif!*" pour les participants d'OR "prévention". Les messages sont envoyés selon les horaires décrits en section 5.2.2.

Pour les deux conditions, deux interactions étaient proposées dans l'application : (1) un message de motivation affiché à l'écran était accompagné d'un bouton "D'accord" permettant d'accuser réception du message, et (2) l'objectif quotidien devait d'abord être révélé grâce à une interaction de glissement (voir la figure 5.19 pour une capture d'écran montrant les deux interactions). Ces deux interactions avaient pour but de renforcer l'implication de l'utilisateur dans l'intervention.

5.3.3.4. Protocole

Avant le démarrage de l'étude, tous les participants ont signé une notice d'informations et de consentement éclairé. Un lien pour télécharger et installer l'application sur leur téléphone leur a ensuite été envoyé.

La création du profil est identique à l'étude précédente (niveau d'activité physique de départ par IPAQ, motivation pour l'activité physique par EMAPS, orientation régulatrice par EORAP). Un identifiant de participant est également généré de manière aléatoire par l'application, sans que l'expérimentateur n'en ait connaissance, garantissant ainsi l'anonymisation complète de l'étude pour le participant. L'identifiant est utilisé par le serveur web et la base de données pour identifier les données et les relier entre elles.

L'intervention de marche démarre dès la fin de la création du profil. Chaque matin, l'application PADME fixe un nouvel objectif quotidien à atteindre en nombre de pas. Le participant peut choisir de révéler (en faisant glisser le bouton pour que le nombre de pas à réaliser s'affiche) ou ne pas révéler l'objectif sans que cela altère le fonctionnement de l'application. L'application enregistre en temps réel à tout moment le nombre de pas des utilisateurs à partir de leur première connexion à l'application.

Le participant est libre de réaliser l'objectif journalier (s'il le souhaite) aux moments de la journée qui lui conviennent. Chaque jour en fin de journée, il sera invité à répondre à un questionnaire sur sa motivation et sur l'expérience utilisateur, afin de collecter des mesures complémentaires tout au long de l'étude. Les données suivies et collectées pendant la durée de l'expérimentation sont envoyées à intervalles réguliers (une fois par heure, par jour et par semaine) dans une base de données sur un serveur sécurisé.

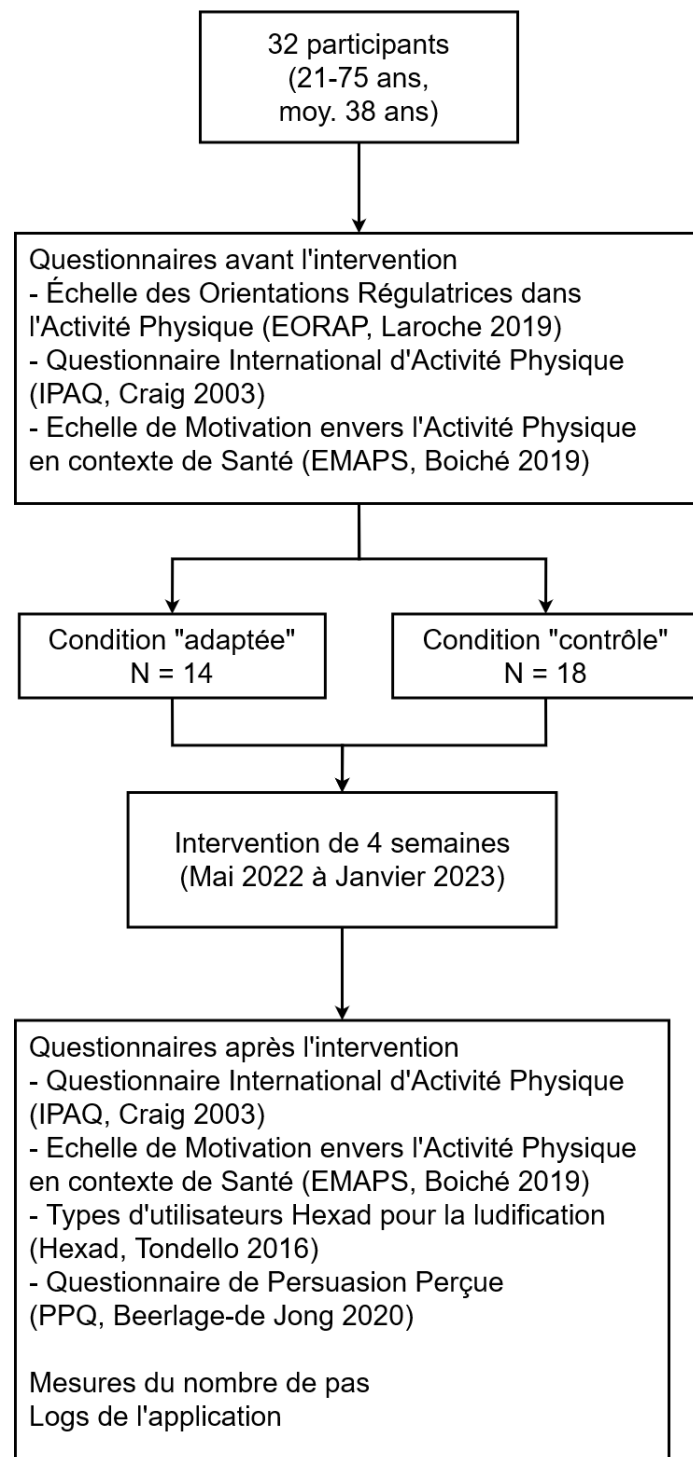


Figure 5.22 – Schéma expérimental de l'étude "Adaptation de messages motivationnels".

Les participants devaient porter leur téléphone sur eux lors des déplacements à pied. Aucun autre dispositif de suivi ou de mesure des pas n'a été utilisé. L'application PADME, implémentant le modèle du même nom présenté dans la sous-section précédente, a été le support des mesures réalisées pendant cette évaluation.

A l'issue de l'intervention, les participants ont été invités à répondre à nouveau à une série de questionnaires afin de mesurer leur niveau d'activité physique rapporté, leur niveau de motivation pour l'activité physique, la persuasion perçue de l'application et leur type d'utilisateur. La désinstallation de l'application met fin au suivi ainsi qu'à la transmission des données, et efface définitivement les fichiers créés par l'application. Un tutoriel fourni aux participants à la fin de l'étude leur permet de récupérer ces fichiers s'ils le souhaitent. Les participants sont également libres de conserver l'application, toute transmission de données étant stoppée après le 32^e jour d'intervention.

L'intervention a duré 4 semaines. Vingt-huit jours ont été retenus pour les analyses. Dans la suite, les semaines sont évoquées par la notation T1 pour la semaine 1, et ainsi de suite jusqu'à T4. Chaque participant suit l'intervention sur son propre téléphone. La période de l'étude s'étend de mai 2022 à janvier 2023.

Ce protocole a reçu un avis favorable du comité d'éthique de la recherche de l'Université Paris-Saclay (CER PS) avec le numéro de référence **CER-Paris-Saclay-2021-093**.

5.3.4. Résultats

Comme présenté en section 5.3.2., l'hypothèse principale de cette étude est que des messages motivationnels adaptés à l'OR de l'utilisateur ainsi qu'à son activité de marche quotidienne augmentent sa motivation à marcher et donc son nombre de pas quotidien. Les messages cadrés selon l'orientation régulatrice des utilisateurs de la condition adaptée devraient donc avoir un impact plus important sur la motivation et les performances des utilisateurs que les messages neutres et non cadrés de la condition contrôle.

Nous avons fait des analyses avec le logiciel JASP en version 0.17.2.1. Nous présentons dans cette partie tout d'abord les résultats d'analyses sur les réponses aux questionnaires, puis les analyses sur les données de l'application, mesurées par le biais du téléphone. Pour les notations temporelles, nous reprenons celles de la première étude : les semaines sont désignées par T1, T2, T3 et T4. Pour les mesures avant / après l'étude, seules T1 et T4 sont utilisées.

Nous présentons ici seulement les résultats significatifs. L'ensemble des analyses effectuées sont disponibles en annexe.

5.3.4.1. Statistiques descriptives

Orientation régulatrice.

Parmi les 36 participants, nous comptons 4 participants d'OR neutre, 10 d'OR prévention et 22 d'OR promotion (détail des scores dans le tableau 5.1 ci-dessous).

Tableau 5.1 – Détail des scores promotion et prévention des participants de l'étude 2, avec l'OR retenue, pour chaque participant.

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
111919	18	18	neutre
161342	14	12	promotion
176149	12	9	promotion
187451	3	9	prévention
189946	16	3	promotion
238168	15	12	promotion
311488	11	16	prévention
362724	3	10	prévention
382792	15	14	promotion
419485	5	3	promotion
477395	15	18	prévention
479742	11	10	promotion
496693	3	3	neutre
515545	11	7	promotion
520832	14	9	promotion
533418	15	13	promotion
549853	7	10	prévention
550998	12	12	neutre
585019	11	13	prévention
628485	12	6	promotion
638505	16	12	promotion
642464	9	7	promotion
645097	9	3	promotion
657709	6	6	neutre
712806	9	3	promotion
716536	17	14	promotion
773554	3	6	prévention
780805	13	15	prévention

Suite page suivante

Tableau 5.1 – suite de la page précédente

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
808247	14	6	promotion
816016	14	8	promotion
836373	13	17	prévention
859066	14	12	promotion
917654	13	16	prévention
929567	7	5	promotion
946574	11	10	promotion
975070	15	14	promotion

Répartition dans les conditions.

Les 36 participants sont répartis dans les deux conditions : 17 participants en condition adaptée (A) et 19 participants en condition contrôle (C). 4 participants (3 en condition adaptée, 1 en condition contrôle) n'ont pas rempli les questionnaires de fin d'étude. Leurs statistiques et données de l'application sont quand même prises en compte dans les analyses. La répartition selon la condition et l'OR est résumé dans le tableau 5.2 ci-dessous.

Répartition	Condition Adaptée	Condition Contrôle	Total
OR Promotion	12	10	22
OR Prévention	3	7	10
OR Neutre	2	2	4
Total	17	19	36

Tableau 5.2 – Répartition des participants dans les conditions expérimentales de l'étude 2 et selon leur OR.

Score d'activité physique.

En début d'étude, les participants de condition A (adaptée) ont un score moyen de 2343 points (SD = 2173), et les participants de condition C (contrôle) ont un score moyen de 4687 points (SD = 5446).

Score d'AP	Condition Adaptée	Condition Contrôle
Avant (T1)	2343	4687
Après (T4)	5134	2690

Tableau 5.3 – Score d'AP avant et après l'étude 2, selon la condition.

En fin d'étude, les participants de condition A (adaptée) ont un score moyen de 5134 points (SD = 9081), les participants de condition C (contrôle) ont un score moyen de 2690 points (SD = 1871).

5.3.4.2. Réponses aux questionnaires

Pour vérifier qu'il n'y a pas de différences significatives entre les conditions au début de l'étude, nous avons effectué des ANOVA simples avec comme variable dépendante le score initial (à T1) d'activité physique, puis les types de motivation, et en facteur fixe tour à tour la condition expérimentale puis l'OR, sans que cela ne révèle un effet, dans aucune des ANOVA. S'il y a effectivement des différences de score initial d'activité physique ou de motivation entre les conditions, ces différences ne sont pas significatives.

Pour toutes les ANOVAs, nous utilisons ω^2 comme mesure de la taille d'effet, car plus approprié pour de faibles échantillons [58], ainsi que la puissance statistique de chaque résultat, calculée a posteriori avec le logiciel G*Power.

Pour le score d'AP, le niveau de régulation externe et l'amotivation, nous avons effectué des ANOVAs à mesures répétées avec pour facteur répété le temps (avant et après l'étude) et avec pour facteur inter-sujet la condition expérimentale (condition adaptée ou contrôle). Le test de Levene (égalité des variances) est à chaque fois non significatif, ce qui autorise la poursuite des analyses. Le résumé est présenté en tableau 5.4.

Score d'activité physique.

Le score d'activité physique correspond à la quantité de MET-minutes générées par l'activité physique de l'utilisateur dans les sept derniers jours. Ce score s'exprime de 0 (pas d'activité) à "l'infini" (il n'y a pas de limite indiquée par le questionnaire).

Il existe une interaction significative entre le temps et la condition avec un effet faible à moyen : $F(1,30) = 4.305$, $p = 0.047$, $\omega^2 = 0.047$. Cela suggère que la différence de score d'AP constatée au cours du temps est affectée par la condition des participants, sans pouvoir à ce stade indiquer dans quel sens.

Les tests post-hoc ne montrent pas de différences significatives entre les groupes. Aucun effet principal simple n'est observé non plus, même s'il existe une tendance à la baisse pour les participants de la condition contrôle, leur score d'AP étant plus faible après l'intervention (M = 2689, SD = 1871) qu'avant (M = 4937, SD = 5491, $F(1,30) = 3.353$, $p = 0.085$). Les participants de la condition adaptée voient au contraire leur score d'AP augmenter, sans significativité non plus (score avant : M = 2059, SD 1848; score après : M = 5134, SD = 9081; $F(1,30) = 1.574$, $p = 0.232$).

Autrement dit, les participants de la condition adaptée sont plus actifs à

la fin de l'étude, et les participants de la condition contrôle le sont moins, ce qui valide l'hypothèse H1.

Niveau de régulation externe (motivation extrinsèque).

La régulation externe concerne les comportements réalisés sous influence externe, ou comme condition d'accès à une récompense. La variable "régulation externe" s'exprime dans un intervalle de 3 (faible) à 21 (forte).

Il existe également une interaction significative entre le temps et la condition avec un effet faible : $F(1,30) = 4.34, p = 0.046, \omega^2 = 0.013$. La correction post-hoc de Bonferroni suggère que le niveau de régulation externe est significativement plus faible après l'étude pour la condition contrôle uniquement ($t(1) = 2.915, p = 0.04, d \text{ de Cohen} = 0.473$). Les participants de la condition adaptée voient leur niveau de régulation externe augmenter, sans effet significatif. Les effets principaux simples attestent de la différence significative pour les participants de la condition contrôle : leur régulation externe est effectivement plus faible à la fin de l'intervention ($F(1,30) = 6.003, p = 0.025$).

VD	VI	Correction	F	p	ω^2	Puissance
Score AP (IPAQ)	Temps * Condition	-	4,305	0,047	0,047	0,6
Régulation Externe	Temps * Condition	-	4,34	0,046	0,013	0,6
Amotivation	Temps	-	5,49	0,026	0,012	0,704

Tableau 5.4 – Résultats des ANOVAs du score d'AP, du niveau de régulation externe et de l'amotivation.

Au cours du temps, les participants de condition contrôle se sentent moins influencés de manière externe que les participants de condition adaptée sur la même période.

Amotivation.

L'amotivation est l'absence de motivation. Elle se situe à l'autre bout du continuum de la motivation. La variable "amotivation" s'exprime dans un intervalle de 3 (faible) à 21 (forte).

Il existe un effet principal significatif du temps, avec un effet faible : $F(1,30) = 5.49, p = 0.026, \omega^2 = 0.012$. La correction post-hoc de Bonferroni montre que l'amotivation est significativement plus faible à la fin de l'intervention ($t(1) = 2.343, p = 0.026, d \text{ de Cohen} = 0.238$). Les effets principaux simples précisent que cette diminution significative ne concerne que les participants de la condition adaptée ($F(1,30) = 4.789, p = 0.047$), même si ceux de la condition contrôle ont une tendance similaire ($F(1,30) = 2.4557, p = 0.135$).

Les deux résultats de l'amotivation et de la régulation externe ne permettent pas de conclure sur l'hypothèse H3.

Questionnaire de Persuasion Perçue (PPQ).

Pour le Questionnaire de Persuasion Perçue (PPQ dans la suite), nous avons fait des ANOVAs à deux facteurs, en prenant les scores de chaque dimension du PPQ comme variable dépendante. Les deux facteurs fixes sont la condition expérimentale (condition adaptée ou contrôle) et l'Orientation Régulatrice (promotion, prévention ou neutre), mesurée par le questionnaire EORAP au début de l'étude. Nous présentons les résultats des construits "Soutien Social" (SOCl), "Discrétion" (UNOB) et "Effort Perçu" (EFFO). Le test de Levene (égalité des variances) est aussi à chaque fois non significatif, ce qui autorise la poursuite des analyses. Le résumé est présenté en tableau 5.5.

VD	VI	Correction	F	p	ω^2	Puissance
Soutien Social	OR	-	3,872	0,034	0,147	0,806
Discrétion	Condition	-	6,706	0,016	0,148	0,841
Discrétion	Condition * OR	-	3,768	0,037	0,143	0,745
Effort perçu	Condition * OR	-	4,729	0,018	0,189	0,883

Tableau 5.5 – Résultats des ANOVAs à deux facteurs sur certaines dimensions du PPQ.

Soutien Social (SOCl).

Ce construit mesure sur une échelle de 1 (faible) à 7 (forte) la qualité de l'application PADME à permettre le partage et l'apprentissage entre les utilisateurs.

Il existe un effet principal significatif de l'OR, avec un large effet : $F(2,26) = 3.872$, $p = 0.034$, $\omega^2 = 0.147$. Cela suggère une différence de score selon les OR des participants. La correction post-hoc de Tukey montre que le score de SOCl est significativement plus élevé chez les participants d'OR neutre que ceux d'OR prévention ($t(2) = 2.746$, d de Cohen = 1.682, $p = 0.028$), mais sans significativité avec ceux d'OR promotion ($t(2) = 1.735$, $p = 0.212$).

Cela signifie que les participants d'OR neutre, c'est-à-dire pour lesquels les messages n'étaient pas adaptés, pensent que l'application permet un soutien social plus fort que les autres participants, indépendamment de la condition.

Discrétion (UNOB).

Ce construit mesure sur une échelle de 1 (faible) à 7 (forte) le degré de perturbation de la vie quotidienne de l'utilisateur par l'application PADME.

Il y a un effet principal significatif de la condition, avec un large effet : $F(1,26) = 6.706$, $p = 0.016$, $\omega^2 = 0.148$, ce qui suppose une différence de score selon la condition des participants. Il y a aussi une interaction entre la condition et l'OR avec un large effet : $F(2,26) = 3.769$, $p = 0.037$, $\omega^2 = 0.143$. Cela suggère que la différence entre les conditions est d'une certaine manière impactée par l'OR des participants.

La correction post-hoc de Tukey montre que le score de UNOB est significativement plus élevé dans la condition contrôle que dans la condition adaptée ($t(2) = -2.590$, d de Cohen = -1.129 , $p = 0.016$), sans toutefois que les comparaisons post-hoc de l'interaction entre la condition et l'OR puissent affiner ce résultat de manière significative. Les effets principaux simples montrent d'ailleurs qu'il y a une différence de score selon la condition pour les participants d'OR prévention ($F(1,26) = 9.195$, $p = 0.005$) : les participants d'OR prévention en condition contrôle ont des scores plus importants que ceux de condition adaptée ($t(2) = -3.032$, d de Cohen = -2.144 , $p = 0.055$).

Cela signifie donc que les participants de la condition contrôle trouvent que l'application perturbe moins leur vie quotidienne que les participants de la condition adaptée, et en particulier, ce sont les participants d'OR prévention qui sont les moins perturbés. Ce résultat tend à aller contre l'hypothèse H4.

Effort perçu (EFFO).

Ce construit mesure sur une échelle de 1 (faible) à 7 (forte) l'effort perçu des utilisateurs pour utiliser l'application PADME.

Il y a une interaction entre la condition et l'OR avec un large effet : $F(2,26) = 4.729$, $p = 0.018$, $\omega^2 = 0.189$, mais aucun effet de la condition ou de l'OR seules, ce qui suppose la différence de score entre les participants n'est pas facilement explicable. Les tests post-hoc avec la correction de Tukey ne révèlent d'ailleurs aucune comparaison significative. Cependant, les effets principaux simples montrent qu'il y a une différence de score entre les conditions pour les participants d'OR neutre ($F(1,26) = 4.371$, $p = 0.046$) : les participants d'OR neutre en condition adaptée ont un score bien inférieur aux participants d'OR neutre de condition contrôle ($M = 4.5$, $SD = 1.179$ et $M = 6.5$, $SD = 0.707$ respectivement).

Autrement dit, les participants d'OR neutre de la condition contrôle ont eu plus de mal à utiliser l'application que ceux de condition adaptée, alors même que l'application était identique pour les participants d'OR neutre, quelle que soit leur condition.

5.3.4.3. Données de l'application

ANOVAs à mesures répétées.

Nous avons réalisé plusieurs ANOVAs à mesures répétées avec à chaque fois pour facteur inter-sujet la condition expérimentale (conditions adaptée ou contrôle) et pour mesures répétées le temps pour les semaines 1 à 4, notées T1, T2, T3 et T4. Les variables dépendantes sur lesquelles nous avons faits ces ANOVAs étaient :

- le nombre de pas quotidien,
- la progression quotidienne en nombre de pas (de combien de pas un

utilisateur a progressée ou régressé d'un jour au suivant)

- l'écart à l'objectif en nombre de pas (pour un jour donné, combien de pas séparent le compte du jour de l'objectif quotidien)
- l'écart à l'objectif en pourcentage (le rapport du compte du jour sur l'objectif quotidien)
- le nombre de connexions à l'application, indication de l'activité de l'utilisateur.

Le test de Levene (égalité des variances) était non significatif pour toutes ces ANOVAs à mesures répétées. Lorsque le test de Mauchly (vérification de l'hypothèse de sphéricité) était significatif, selon la valeur d'epsilon (ϵ) une correction adéquate était appliquée :

- si $\epsilon < 0.75$: correction de Greenhouse-Geisser (GG)
- si $\epsilon > 0.75$: correction de Huynh-Feldt (HF)

Nous présentons ici les deux seuls résultats significatifs de ces analyses (tableau 5.6). Tous les résultats sont disponibles en annexe.

VD	VI	Correction	F	p	ω^2	Puissance
Progression en nombre de pas	Temps	GG	5,963	0,004	0,1	0,42
Connexion à l'application	Temps	GG	19,616	<0,001	0,162	0,808

Tableau 5.6 – Résultats significatifs des ANOVAs à mesures répétées sur la progression en nombre de pas et le nombre de connexions à l'application. GG indique que la correction de Greenhouse-Geisser fut appliquée.

Progression en nombre de pas.

La progression, ici, est la différence entre le nombre de pas du jour et celui de la veille : si ce nombre est positif pour le jour N, alors l'utilisateur a marché plus que le jour N-1. S'il est négatif, c'est l'inverse. Pour obtenir les données à la semaine, nous avons sommé ces valeurs sur sept jours. Donc plus la valeur est élevée, et plus un utilisateur a progressé d'un jour à l'autre pendant sept jours.

Il existe un effet principal significatif du temps, avec un effet moyen à large : $F(3,102) = 5.963$, $p = 0.004$, $\omega^2 = 0.10$, avec la correction de Greenhouse-Geisser, ce qui indique des différences de progression selon les semaines, sans plus de précision. Les tests post-hoc de Holm précisent ces différences :

- les progressions en T2 et en T4 sont significativement plus faibles qu'en T1, respectivement : $t(3) = 2.777$, $d \text{ de Cohen} = 0.669$, $p = 0.026$ et $t(3) = 3.65$, $d \text{ de Cohen} = 0.879$, $p = 0.002$
- la progression en T4 est significativement plus faible qu'en T3 : $t(3) = 3.004$, $d \text{ de Cohen} = 0.723$, $p = 0.017$

En d'autres termes, la progression en nombre de pas, indépendamment de la condition expérimentale, est de plus en plus faible au cours du temps (tableau 5.7).

Condition	Progression des semaines
Adaptée	$T_4 < T_2 < T_1 < T_3$
Contrôle	$T_4 < T_2 < T_3 < T_1$

Tableau 5.7 – Progression selon les semaines, pour chaque condition.

Les principaux effets simples précisent encore plus cet écart : les participants de la condition contrôle ont significativement moins progressé que ceux de la condition adaptée pendant le mois d'expérience : $F(3,102) = 5.255$, $p = 0.003$. Ce résultat tend à valider l'hypothèse H2 : la progression de la marche est meilleure lorsque les messages sont adaptés à l'OR de l'utilisateur.

Connexion à l'application.

La donnée "connexion à l'application" est le compte du nombre de fois qu'un utilisateur ouvre l'application par jour, puis sommé sur sept jours pour fournir les données en T1, T2, T3 et T4.

Il y a là aussi un effet principal significatif du temps, avec un large effet : $F(3,102) = 19.616$, $p < 0.001$, $\omega^2 = 0.162$, avec la correction de Greenhouse-Geisser. Les tests post-hoc de Holm montrent que toutes les comparaisons entre la première semaine T1 et les autres sont significatives, avec $p < 0.001$: pour toutes les conditions, le nombre de connexions à l'application diminue fortement dès la deuxième semaine de l'étude.

Les effets principaux simples sont significatifs pour les deux conditions, avec un effet plus important pour la condition adaptée :

- $F(3,102) = 23.599$, $p < 0.001$ pour la condition adaptée,
- $F(3,102) = 6.132$, $p = 0.001$ pour la condition contrôle.

Les participants de condition adaptée se connectent encore moins souvent que ceux de condition contrôle, qui se connectent aussi de moins en moins au fil du temps, ce qui est plutôt en défaveur de l'hypothèse H4.

ANOVAs à deux facteurs.

Nous avons réalisé des ANOVAs à deux facteurs sur plusieurs données comportementales pour lesquelles nous ne possédons que le compte final, et non l'évolution semaine par semaine. Les deux facteurs fixes sont la condition expérimentale (condition adaptée ou contrôle), définie de manière arbitraire avant l'étude, et l'Orientation Régulatrice (promotion, prévention ou neutre), mesurée par le questionnaire EORAP au début de l'étude. Ces données sont :

- le nombre de messages reçus,
- le nombre de messages validés,
- le nombre d'objectifs révélés,
- le nombre d'objectifs accomplis.

Ces quatre mesures sont centrales à cette étude. Nous détaillons aussi les résultats tendanciels, qui peuvent révéler de potentielles différences d'évaluation des messages. Pour les quatre ANOVAs, seule celle portant sur le nombre d'objectifs accomplis avait un test de Levene significatif, obligeant à utiliser un test non paramétrique. Pour les trois autres, le test de Mauchly était non significatif, et donc aucune correction ne fut apportée aux résultats.

Nombre de messages reçus.

Les messages reçus désignent les messages qui ont été générés puis envoyés par le système à l'utilisateur, indépendamment du fait que ce dernier les ait lus ou non.

Il n'y a pas d'effet significatif principal, seulement une tendance de l'OR avec un effet moyen à large : $F(2,30) = 2.977, p = 0.066, \omega^2 = 0.101$. En poussant un peu l'analyse, les comparaisons post-hoc de Tukey montrent que la différence de nombre de messages reçus entre les OR a tendance à se manifester entre les OR neutre et prévention : $t(2) = 2.428, d \text{ de Cohen} = 1.475, p = 0.054$. Les effets principaux simples précisent que c'est plutôt en condition adaptée que cette différence a tendance à se produire ($F(2,30) = 2.489, p = 0.10$).

Les participants d'OR neutre en condition adaptée reçoivent effectivement presque deux fois plus de messages que les participants d'OR prévention (pour l'OR neutre : $M = 122$ messages reçus, $SD = 5.657$ et pour l'OR prévention, $M = 62.333$ messages reçus, $SD = 23.544$). Cela peut s'expliquer par le fait que l'arbre d'envoi des messages aux participants d'OR neutre n'évalue pas l'avancement de leur objectif quotidien et envoie forcément un message, contrairement aux arbres promotion et prévention, qui dans certains cas n'en envoient pas (voir la description des arbres du temps en section 5.2.2.).

Nombre de messages validés.

Les messages validés désignent les messages que l'utilisateur a "validé" sur l'écran d'accueil, en appuyant sur le bouton "D'accord" (figure 5.19 en section 5.2.3.1.). Ce sont tous les messages qui ont un contour vert dans l'historique des messages.

Il y a un effet principal significatif de l'OR, avec un large effet : $F(2,30) = 7.684, p = 0.002, \omega^2 = 0.267$, ce qui laisse penser à une différence entre les participants en fonction de leur OR, indépendamment des conditions.

Les effets principaux simples vont dans ce sens, en précisant que les effets sont significatifs pour les deux conditions :

- $F(2,30) = 4.406, p = 0.021$ pour la condition adaptée,
- $F(2,30) = 5.034, p = 0.013$ pour la condition contrôle.

Les comparaisons post-hoc de Tukey apportent des précisions : c'est entre les participants d'OR neutre et les autres que la différence se manifeste, les

participants d'OR neutre ayant beaucoup plus de messages validés que les participants d'OR prévention ($t(2) = 2.73$, d de Cohen = 1.659, $p = 0.028$) ou d'OR promotion ($t(2) = 3.905$, d de Cohen = 2.124, $p = 0.001$).

Nombre d'objectifs révélés.

Là aussi, pas d'effet principal significatif, seulement une tendance sur l'OR avec un effet moyen à large : $F(2,30) = 3.113$, $p = 0.059$, $\omega^2 = 0.109$. Les tests post-hoc avec la correction de Tukey montrent une différence significative entre les participants d'OR neutre et promotion seulement ($t(2) = 2.476$, d de Cohen = 1.347, $p = 0.049$), en faveur des participants d'OR neutres, qui révèlent plus leurs objectifs quotidiens que les autres participants.

Nombre d'objectifs accomplis.

Pour cette ANOVA, le test de Levene était significatif, ce qui impose de faire le test non paramétrique de Kruskal-Wallis.

Il révèle un effet significatif de l'OR : $H(2) = 10.473$, $p = 0.005$. Les tests post-hoc de Dunn montrent que les participants d'OR promotion valident moins souvent leurs objectifs que les participants d'OR neutre ($z(2) = 2.389$, $p = 0.034$) et que les participants d'OR prévention ($z(2) = 2.654$, $p = 0.024$), indépendamment de la condition. Les effets principaux simples précisent qu'en condition adaptée l'effet est plus prononcé et significatif ($F(2,30) = 8.864$, $p < 0.001$), contrairement à la condition contrôle ($F(2,30) = 2.213$, $p = 0.127$).

Les participants de condition adaptée remplissent plus les objectifs qu'en condition contrôle (sans effet significatif), mais si nous considérons l'OR, les participants d'OR promotion tendent à moins les accomplir que les autres participants, indépendamment de la condition.

5.3.4.4. Résumé des résultats

Activité physique.

Les participants de la condition adaptée sont plus actifs au terme de l'expérience que les participants de la condition contrôle, à la fois par leur score final d'AP (H1) et par leurs statistiques de progression hebdomadaire (H2), même si toutefois les deux conditions sont de moins en moins actives au cours du temps. D'ailleurs, parmi tous les participants, ce sont ceux d'OR promotion qui valident le moins les objectifs.

Motivation.

Les participants de la condition adaptée voient à la fois une baisse de l'amotivation et une hausse de la régulation externe, là où les participants de la condition contrôle ont une baisse de la régulation externe seule. Ces derniers se sentent donc moins influencés de manière externe que les participants de la condition adaptée. Ces résultats sont toutefois insuffisants pour permettre de conclure sur l'hypothèse H3.

Caractère persuasif de l'application.

Les participants d'OR neutre fournissent moins d'effort pour utiliser l'application, surtout en condition adaptée, et considèrent que cette dernière favorise le soutien des pairs. Cependant, ce sont les participants de la condition contrôle qui sont les moins perturbés par l'intrusion de l'application dans leur vie quotidienne, ceux d'OR prévention en particulier. Ces résultats rejettent l'hypothèse H4.

Utilisation générale de l'application.

Les participants d'OR neutre atteignent plus leurs objectifs quotidiens que les autres participants, dans les deux conditions. Tous les participants se connectent de moins en moins à l'application au cours des semaines, en particulier ceux de la condition adaptée.

5.3.5. Discussion

Cette étude a consisté à envoyer, par des notifications sur le mobile des participants et directement dans l'application, des messages textuels personnalisés correspondant à l'orientation régulatrice des participants dans la condition adaptée. Les messages étaient neutres (sans orientation régulatrice particulière) dans la condition contrôle. Pour la condition adaptée, nous observons une diminution significative de l'amotivation (l'absence de motivation, point extrême du continuum de la motivation selon la TAD [127]) et en même temps, une augmentation non significative du niveau d'activité physique. La condition contrôle présente des tendances mixtes : une tendance à la hausse de la motivation à régulation externe mais aussi une tendance à la baisse du niveau d'activité physique, ce qui suggère que l'augmentation de la motivation à régulation externe des participants n'a pas été suffisante pour les motiver à être plus actifs.

La régulation externe survient lorsque la pression pour appliquer le comportement provient de sources externes comme la pression sociale, les récompenses ou les punitions [20, 41]. Dans notre contexte, cette source externe peut avoir été les messages de motivation. Pour la condition contrôle, les messages étaient neutres, généraux, non personnalisés pour correspondre à l'orientation régulatrice des participants, ce qui suggère un intérêt moindre pour leur contenu [82].

Pour la condition adaptée, c'est le contraire : nous observons des augmentations non significatives de leur niveau de régulation externe, ainsi que de leur niveau d'activité physique. Cela n'a pas suffi à susciter une motivation intrinsèque chez eux, ce qui laisse penser qu'il faut trouver une meilleure façon d'améliorer la motivation ou la formulation du message : un message peut en effet être perçu différemment selon l'expéditeur [96].

Pour tous les participants, nous avons également observé une diminution de l'utilisation de l'application et de l'activité globale à la fin de l'intervention, ce qui a également été noté dans la première étude. Les objectifs quotidiens en nombre de pas sont peu atteints, en particulier pour la condition adaptée, qui les atteint moins que la condition contrôle. Un domaine qui doit d'ailleurs être plus étudié est l'envoi de messages textuels par des notifications sur le téléphone. Comme indiqué par [52], les notifications persuasives ne peuvent renforcer un comportement cible que si elles sont adaptées aux utilisateurs.

Finalement, au vu de ces résultats, ce sont les participants d'OR neutre qui se distinguent des autres participants, pour les deux conditions, tant par leur activité physique plus intense en fin d'expérience que par leur utilisation (et facilité d'utilisation) de l'application, ce qui va contre notre hypothèse de départ : la condition neutre n'a pas d'adaptation des messages, ces derniers étant identiques dans les deux conditions. Nous tempérons cependant cette conclusion : la répartition des groupes était très inégale, les participants d'OR neutre bien moins nombreux que les autres, ce qui a sans doute affecté les résultats (OR neutre : 4 participants, OR prévention : 10 participants, OR promotion : 22 participants). Une autre information que nous ne possédons pas à propos des profils neutres est l'amplitude : nous caractérisons un profil comme neutre lorsque les scores promotion et prévention sont identiques, mais sans considérer l'amplitude des scores. Ainsi, un individu d'OR neutre mais avec des scores promotion et prévention élevés devrait être très sensible aux approches promotion et prévention, et un individu avec des scores promotion et prévention faibles ne devrait être sensible à aucune des approches.

Il nous semble alors important de vérifier l'adéquation des messages utilisés dans l'étude avec le profil des utilisateurs : les messages cadrés "promotion" n'étaient peut-être pas tous ou totalement conçus et perçus comme étant "promotion", et les messages cadrés "prévention" n'étaient peut-être pas tous ou tout à fait "prévention", malgré le fait qu'ils soient issus en partie de la littérature anglaise [1-3, 5, 6, 42, 47, 101, 133, 145].

Nous avons donc réalisé a posteriori une étude perceptive sur les messages motivationnels utilisés dans l'application, pour vérifier si effectivement les individus d'OR promotion étaient plus motivés par des messages cadrés promotion, et respectivement si les individus d'OR prévention étaient plus motivés par des messages cadrés prévention.

5.4. Étude de conception : textes pour motiver à marcher

Cette étude est une enquête en ligne portant sur la motivation à la marche, la perception du caractère motivationnel de messages et d'éléments graphiques (badges) ainsi que le type d'utilisateur. Dans cette partie, nous nous intéressons seulement à la motivation à la marche et à la perception du caractère motivationnel de messages. Les autres éléments sont abordés dans le chapitre 6, section 6.4. L'étude consiste en une seule session, en ligne, sur une instance du logiciel LimeSurvey hébergée sur le serveur sécurisé du Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique (LISN).

5.4.1. Hypothèses

Cette étude avait pour but de confirmer ou d'infirmer le cadrage des messages motivationnels utilisés dans la deuxième étude (voir section 5.3.). Notre hypothèse principale était que lorsque le cadrage d'un message motivationnel correspond à celui de l'utilisateur, ce dernier ressent une adéquation (le fit) et est plus sensible à l'objet du message (Cesario 2004). De fait, l'exposition régulière et quotidienne à des messages motivationnels cadrés devait susciter l'adéquation des utilisateurs et améliorer leurs performances de marche et leur motivation à l'activité physique. Cette hypothèse peut être divisée en plusieurs sous-hypothèses, et en particulier :

- H1 : Les messages orientés "promotion" sont perçus comme plus motivants par les individus d'orientation régulatrice "promotion", et obtiennent des notes de motivation plus élevées que les messages neutres ou "prévention".
- H2 : De manière symétrique, les messages orientés "prévention" sont perçus comme plus motivants par les individus d'orientation régulatrice "prévention", et obtiennent donc des notes plus élevées que les messages neutres ou "promotion".
- H3 : Les messages neutres sont perçus comme moins motivants que les messages orientés "promotion" pour les individus d'orientation régulatrice "promotion". Ils sont également perçus comme moins motivants que les messages orientés "prévention" pour les individus d'orientation régulatrice "prévention". Dans ces deux cas, les messages neutres ont donc des notes moins élevées que les autres messages.

5.4.2. Méthode

Participants.

Deux-cent-soixante-et-une personnes ont participé à cette étude, dont cent-cinquante-sept personnes ont terminé l'ensemble des questionnaires. Les participants ont été recrutés par courriel (listes de diffusion par courriel), réseaux

sociaux (X anciennement Twitter, Facebook, LinkedIn) et par le site de recrutement Survey Circle¹. Pour pouvoir participer à l'étude, les participants devaient être majeurs et comprendre le français écrit.

Mesures.

Cette étude consistait en quatre questionnaires en ligne, hébergés sur un serveur LimeSurvey sécurisé du laboratoire. Nous détaillons ici les deux questionnaires qui concernent les messages motivationnels. Les autres questionnaires sont abordés dans le chapitre 6, section 6.4..

Pour pouvoir évaluer la qualité du cadrage promotion ou prévention des messages, nous avons besoin de connaître l'OR des utilisateurs vis-à-vis de l'activité physique, d'où l'utilisation du questionnaire EORAP (Échelle des Orientations Régulatrices dans l'Activité Physique, Laroche 2019), qui renvoie un score promotion et un score prévention.

Le deuxième questionnaire était constitué d'un en-tête et d'une unique question, et avait pour but d'évaluer le caractère motivant de messages, en suivant les hypothèses formulées dans la section précédente. L'en-tête présentait l'objectif du questionnaire :

"Dans cette section, nous vous présentons différentes phrases pour la marche. Nous souhaitons savoir dans quelle mesure chaque phrase est motivante pour vous. Pour répondre, utilisez l'échelle allant de 1 "Pas du tout motivant" à 10 "Tout à fait motivant"."

L'unique question était : *"Dans quelle mesure trouvez-vous chaque phrase motivante?"*. Chaque ligne était un message motivationnel issu de notre étude 2 (voir annexe D pour la liste complète des trente-huit messages), et en colonne figurait l'échelle de Likert de 1 à 10 décrite ci-dessus. Les messages étaient présentés dans un ordre aléatoire à chaque participant. Les participants n'étaient pas informés de la présence d'un cadrage des messages.

Protocole.

Sur la première page de l'étude, avant le premier questionnaire, les participants ont été informés que démarrer l'étude revenait à donner leur consentement quant à leur participation. L'étude était anonyme, aucun renseignement personnel n'était demandé. Tous les participants faisaient partie du même groupe expérimental. L'étude était réalisable sur n'importe quel navigateur Internet. Le temps de complétion de l'étude était d'environ 15 minutes.

A la fin de l'étude, une zone de texte libre permettait aux participants d'exprimer un avis, un commentaire, ou de laisser leurs coordonnées pour une participation à une future étude (démarche optionnelle, 27 participants sur 157 ont laissé un commentaire).

1. <https://www.surveycircle.com/fr/>

5.4.3. Premiers analyses et résultats

Nous avons supprimé deux participants parmi les cent-cinquante-sept ayant terminé l'étude car leurs réponses étaient invalides (les deux participants ont répondu à tous les items avec la même option). Nous comptons 34 participants d'OR neutre (scores promotion et prévention identiques), 36 participants d'OR prévention et 85 participants d'OR promotion (détail des scores en annexe).

Nous avons fait des analyses avec le logiciel JASP en version 0.17.2.1. L'ensemble des résultats des analyses sur les messages est disponible en annexe. Nous présentons les résultats par type d'orientation des messages : les messages orientés promotion, puis les messages orientés prévention, et les messages neutres pour terminer.

Pour chaque groupe de messages nous avons fait deux types d'analyses : une analyse de corrélation entre les notes des messages, attribuées par les participants et les scores promotion et prévention obtenus par le questionnaire EORAP.

Nous avons également fait des ANOVAs à mesures répétées, avec systématiquement les différents messages comme mesures répétées et l'orientation régulatrice en facteur inter-sujet. Pour toutes les ANOVAs, le test de Levene était non significatif et le test de Mauchly était significatif, nous avons à chaque fois appliqué la correction de Greenhouse-Geisser ($\epsilon < 0.75$).

5.4.3.1. Messages orientés promotion

Les messages orientés promotion ont été reconnus motivants de manière à peu près égale par tous les participants (tableau 5.8).

L'analyse de corrélation était configurée pour chercher une corrélation positive entre le score promotion des participants et les notes attribuées aux messages promotion, et une corrélation négative entre le score prévention des participants et les notes attribuées aux messages promotion par les participants (H_1). En d'autres termes, nous nous attendions à ce que les participants de score prévention élevé donnent de mauvaises notes (< 5) aux messages cadrés promotion et les participants de score promotion élevé donnent de bonnes notes (> 5) à ces mêmes messages.

Pour le score prévention, aucune corrélation négative n'est trouvée. Pour le score promotion, seules des corrélations positives faibles (r de Pearson inférieur à 0.29) sont trouvées, pour les messages orientés promotion 1 à 10 (tableau 5.9).

Pour l'ANOVA à mesures répétées, il y a un effet principal des messages promotion, c'est-à-dire qu'il existe des différences significatives de notes entre

Messages	Notes moyennes			
	N	PRE	PRO	Tous
1. (pro) Courage, tu as tout pour réussir!	5.676	6.056	5.824	5.85
2. (pro) Cette journée sera pleine d'épreuves mais tu les surmonteras facilement!	4.706	5.139	4.588	4.81
3. (pro) Tu y arriveras : quand on veut, on peut!	4.265	4.417	4.106	4.26
4. (pro) Il est certain que tu avanceras vers ta réussite!	4.794	5.333	4.824	4.98
5. (pro) Les efforts que tu feras porteront leurs fruits!	6.118	6.083	5.729	5.98
6. (pro) Tu es sur la bonne voie pour atteindre ton objectif quotidien!	6.118	6.722	6.776	6.54
7. (pro) C'est un grand pas vers la réalisation de ton objectif quotidien!	5.853	6.583	6.165	6.2
8. (pro) Tu te rapproches de ton objectif quotidien!	6.471	6.639	6.847	6.65
9. (pro) Tu es sur la voie du succès!	6.676	6.556	6.329	6.52
10. (pro) Tu peux encore réussir ton objectif!	6	5.944	5.976	5.97
11. (pro) Objectif presque atteint!	6.706	6.861	7.247	6.94
12. (pro) Tu es proche de l'objectif!	6.971	6.917	6.953	6.95
13. (pro) Tu es devenu plus actif(ve)! Assieds-toi un moment.	4.500	5.083	4.824	4.800
14. (pro) Tu es en forme, lis le journal pour quelques minutes.	4.265	4.222	3.800	4.100

Tableau 5.8 – Notes moyennes des messages cadrés promotion pour les participants d'OR neutre (N), prévention (PRE), promotion (PRO), et tous. Les notes supérieures à 5 sur 10 sont en gras.

Messages	Corrélation			
	Score Prévention		Score Promotion	
	r de Pearson	p	r de Pearson	p
1. (pro) Courage, tu as tout pour réussir!	0.272	1	0.289	<.001
2. (pro) Cette journée sera pleine d'épreuves mais tu les surmonteras facilement!	0.248	0.999	0.193	0.008
3. (pro) Tu y arriveras : quand on veut, on peut!	0.323	1	0.275	<.001
4. (pro) Il est certain que tu avanceras vers ta réussite!	0.315	1	0.263	<.001
5. (pro) Les efforts que tu feras porteront leurs fruits!	0.313	1	0.279	<.001
6. (pro) Tu es sur la bonne voie pour atteindre ton objectif quotidien!	0.146	0.965	0.219	0.003
7. (pro) C'est un grand pas vers la réalisation de ton objectif quotidien!	0.15	0.969	0.144	0.037
8. (pro) Tu te rapproches de ton objectif quotidien!	0.13	0.947	0.19	0.009
9. (pro) Tu es sur la voie du succès!	0.272	1	0.258	<.001
10. (pro) Tu peux encore réussir ton objectif!	0.182	0.988	0.245	0.001
11. (pro) Objectif presque atteint!	0.05	0.732	0.104	0.099
12. (pro) Tu es proche de l'objectif!	0.074	0.819	0.107	0.092
13. (pro) Tu es devenu plus actif(ve)! Assieds-toi un moment.	-0.04	0.312	-0.083	0.849
14. (pro) Tu es en forme, lis le journal pour quelques minutes.	0.078	0.832	-0.078	0.834

Tableau 5.9 – Analyse de corrélation pour les messages cadrés promotion. Les corrélations significatives sont en gras ($p < 0.05$).

les messages, sans interaction avec l'OR : $F(8,1225) = 39.332, p < 0.001, \omega^2 = 0.116$. Cela indique simplement que certains messages sont perçus plus motivants que d'autres, sans que ces écarts soient impactés par l'OR des participants (ce qui va donc à l'encontre de H1).

5.4.3.2. Messages cadrés prévention

A une exception près (message 14 : *Tu n'es pas loin de ton objectif!*), les messages cadrés prévention ne sont pas jugés motivants par les participants d'OR promotion, car aucun de ces messages ne passe la note de cinq sur dix (tableau 5.10).

L'analyse de corrélation était configurée à l'inverse de la précédente : chercher une corrélation positive entre le score prévention et les notes des messages prévention, et une corrélation négative entre le score promotion et les messages prévention. Nous nous attendions donc à trouver des notes faibles (<5) pour les participants de score promotion élevé, et des notes hautes (>5) pour les participants de score prévention élevé (H2).

Pour le score promotion, aucune corrélation négative n'est trouvée. Pour le score prévention, cinq messages sur seize ont des corrélations positives moyennes (r de Pearson entre 0.30 et 0.49), les autres n'ont que des corrélations positives faibles (tableau 5.11).

Pour l'ANOVA à mesures répétées, nous obtenons le même résultat : le seul effet principal est celui des messages, sans interaction avec l'OR : $F(9,1404) = 16.419, p < 0.001, \omega^2 = 0.048$. Les différences de notes entre les messages semblent être liées aux messages eux-mêmes plutôt qu'à l'OR des participants.

5.4.3.3. Messages neutres

Les messages neutres sont globalement jugés motivants par tous les participants (tableau 5.12). L'analyse de corrélation entre les notes attribuées aux messages neutres et les scores d'orientation régulatrice des participants ne révèle rien de notable, ni pour le score prévention, ni pour le score promotion.

Pour l'ANOVA à mesures répétées, sans surprise, nous obtenons le même résultat : le seul effet principal est celui des messages, avec un effet fort : $F(4,735) = 55.038, p < 0.001, \omega^2 = 0.15$.

5.4.3.4. Conclusion

Dans notre population, nous avons autant de participants d'OR prévention (36) que neutre (34), et plus de deux fois plus de participants d'OR promotion (85).

Pour les trois groupes de messages que nous avons construits pour la

Messages	Notes moyennes			
	N	PRE	PRO	Tous
1. (pre) Tu feras le nécessaire pour ne pas échouer!	4.471	4.194	3.706	4.12
2. (pre) Courage, tu as tout pour ne pas échouer!	5	4.722	4.224	4.65
3. (pre) Cette journée sera pleine d'épreuves mais ça vaut le coup d'aller au bout!	5.118	5.417	4.871	5.14
4. (pre) Ta santé est en jeu, ne l'oublie pas!	4.765	4.667	3.718	4.38
5. (pre) Il est certain que tu feras ce qu'il faut pour atteindre ton objectif!	5.147	4.972	4.2	4.77
6. (pre) Garde ton objectif en tête et n'en dévie pas!	5.529	4.917	4.494	4.98
7. (pre) Une activité physique suffisante réduira les risques de maladies cardiovasculaires.	4.794	5.278	4.729	4.93
8. (pre) Ne perds pas de vue ton objectif!	5.5	5.333	4.788	5.21
9. (pre) Continue à faire ce qu'il faut!	5.118	5.333	4.718	5.06
10. (pre) Une activité physique régulière neutralise la baisse de la performance physique.	4.324	4.194	4.282	4.27
11. (pre) Ne pas accumuler suffisamment d'activité physique tout au long de la journée peut nuire à la santé.	3.971	3.972	3.635	3.86
12. (pre) Ne pas pratiquer d'exercice peut engendrer de graves problèmes de santé.	3.941	3.833	3.659	3.81
13. (pre) Tu peux faire ce qu'il faut pour atteindre ton objectif!	5.118	5.278	4.765	5.05
14. (pre) Tu n'es pas loin de ton objectif!	6.824	6.139	6.576	6.51
15. (pre) L'objectif n'est pas hors de ta portée!	5.118	5	4.812	4.98
16. (pre) Tu te débrouilles très bien, mais n'oublie pas de garder un peu d'énergie pour le soir.	5	5.167	4.8	4.99

Tableau 5.10 – Notes moyennes des messages cadrés prévention pour les participants d'OR neutre (N), prévention (PRE), promotion (PRO), et tous. Les notes supérieures à 5 sur 10 sont en gras.

Messages	Corrélation			
	Score Prévention		Score Promotion	
	Pearson's r	p	Pearson's r	p
1. (pre) Tu feras le nécessaire pour ne pas échouer!	0.24	0.001	0.122	0.935
2. (pre) Courage, tu as tout pour ne pas échouer!	0.21	0.01	0.13	0.95
3. (pre) Cette journée sera pleine d'épreuves mais ça vaut le coup d'aller au bout!	0.26	<.001	0.21	1.00
4. (pre) Ta santé est en jeu, ne l'oublie pas!	0.35	<.001	0.24	1.00
5. (pre) Il est certain que tu feras ce qu'il faut pour atteindre ton objectif!	0.35	<.001	0.20	0.99
6. (pre) Garde ton objectif en tête et n'en dévie pas!	0.45	<.001	0.32	1.00
7. (pre) Une activité physique suffisante réduira les risques de maladies cardiovasculaires.	0.32	<.001	0.28	1.00
8. (pre) Ne perds pas de vue ton objectif!	0.34	<.001	0.26	1.00
9. (pre) Continue à faire ce qu'il faut!	0.27	<.001	0.22	1.00
10. (pre) Une activité physique régulière neutralise la baisse de la performance physique.	0.21	0.01	0.28	1
11. (pre) Ne pas accumuler suffisamment d'activité physique tout au long de la journée peut nuire à la santé.	0.30	<.001	0.23	1.00
12. (pre) Ne pas pratiquer d'exercice peut engendrer de graves problèmes de santé.	0.28	<.001	0.23	1.00
13. (pre) Tu peux faire ce qu'il faut pour atteindre ton objectif!	0.28	<.001	0.20	0.99
14. (pre) Tu n'es pas loin de ton objectif!	0.14	0.05	0.16	0.98
15. (pre) L'objectif n'est pas hors de ta portée!	0.23	0.00	0.13	0.95
16. (pre) Tu te débrouilles très bien, mais n'oublie pas de garder un peu d'énergie pour le soir.	0.06	0.22	0.00	0.51

Tableau 5.11 – Analyse de corrélation pour les messages cadrés prévention. Les corrélations significatives sont en gras ($p < 0.05$).

Messages	Notes moyennes			
	N	PRE	PRO	Tous
1. (N) Tu peux devenir plus actif en allant te promener.	5.029	5.361	5.106	5.17
2. (N) L'entraînement physique présente de nombreux avantages, notamment une amélioration de la santé mentale et physique!	5.118	5.722	5.271	5.37
3. (N) Un tour pour le déjeuner?	4.824	5.361	5.271	5.15
4. (N) C'est le moment d'aller marcher un peu!	5.647	5.25	5.612	5.50
5. (N) Continue comme ça!	6.676	6.556	6.565	6.60
6. (N) Tu peux peut-être faire une promenade pour le déjeuner aujourd'hui.	4.912	5.278	5.2	5.13
7. (N) Bravo! Tu as atteint ton objectif quotidien!	7.647	7.722	8.071	7.81
8. (N) Objectif terminé pour aujourd'hui, félicitations!	7.735	7.694	7.965	7.80

Tableau 5.12 – Notes moyennes des messages non cadrés pour les participants d'OR neutre (N), prévention (PRE), promotion (PRO), et tous. Les notes supérieures à 5 sur 10 sont en gras.

Messages	Corrélation			
	Score Prévention		Score Promotion	
	Pearson's r	p	Pearson's r	p
1. (N) Tu peux devenir plus actif en allant te promener.	0.154	0.056	0.103	0.201
2. (N) L'entraînement physique présente de nombreux avantages, notamment une amélioration de la santé mentale et physique!	0.229	0.004	0.216	0.007
3. (N) Un tour pour le déjeuner?	0.125	0.122	0.16	0.046
4. (N) C'est le moment d'aller marcher un peu!	0.04	0.622	0.133	0.1
5. (N) Continue comme ça!	0.148	0.066	0.18	0.025
6. (N) Tu peux peut-être faire une promenade pour le déjeuner aujourd'hui.	0.046	0.573	0.009	0.913
7. (N) Bravo! Tu as atteint ton objectif quotidien!	0.202	0.012	0.273	<.001
8. (N) Objectif terminé pour aujourd'hui, félicitations!	0.151	0.061	0.227	0.004

Tableau 5.13 – Analyse de corrélation pour les messages neutres. Les corrélations significatives sont en gras ($p < 0.05$).

deuxième étude (messages cadrés promotion, prévention et sans cadrage, dit neutre), aucun ne présente de corrélation avec le score promotion ou le score prévention des participants, et aucun effet principal n'est constaté de l'OR ou de l'interaction entre l'OR et les notes des messages. L'interrogation soulevée précédemment semble se confirmer : l'étiquetage "promotion", "prévention", et "neutre" des messages n'est peut-être pas correct. Nous proposons alors de faire une analyse factorielle exploratoire pour tenter d'établir de nouveaux groupes de messages, et voir si l'OR a une influence sur ces nouveaux groupes.

5.4.4. Deuxièmes analyses et résultats

Pour ces analyses, nous considérons que les messages ne sont pas cadrés, mais qu'ils sont structurés selon des facteurs inconnus, qui seront éventuellement révélés par l'analyse factorielle exploratoire (EFA dans la suite). Cette partie se divise en trois étapes : nous présentons d'abord l'EFA, sa configuration et ses résultats, puis les analyses de corrélation et les ANOVAs à mesures répétées pour les facteurs identifiés par l'EFA.

5.4.4.1. Analyse factorielle exploratoire

Nous basons nos choix de configuration et de résultats de l'EFA sur le guide de Watkins [148] et sur l'analyse de Finch [50].

Configuration.

Les variables utilisées dans l'EFA sont les messages de l'étude. Le test de sphé-

ricité de Bartlett est significatif, avec $p < 0.001$ et $\chi^2(780) = 4951.401$, ce qui indique qu'une EFA est possible. La mesure globale de Kaiser-Meyer-Olkin est de 0.92, avec des valeurs individuelles toutes supérieures à 0.75, ce qui indique qu'une factorisation est possible.

Nous choisissons pour modèle l'analyse des facteurs communs, car elle semble plus appropriée que l'analyse en composantes principales lorsqu'il s'agit de chercher des construits latents parmi les variables. La méthode d'estimation est basée sur les facteurs principaux car notre échantillon est relativement faible (<300), le nombre exact de facteurs reliant les variables est inconnu et le test de normalité de Mardia est significatif pour l'asymétrie et l'aplatissement, avec $p < 0.001$ pour les deux.

Nous utilisons la méthode de l'analyse parallèle pour décider combien de facteurs doivent être conservés, ainsi qu'une rotation oblique des facteurs, avec la méthode *oblimin*, car elle produit de meilleurs résultats que la méthode *promax*.

Adéquation du modèle.

Les différents indices mesurant l'adéquation du modèle sont assez partagés. Le test du χ^2 est significatif : $\chi^2(626) = 1123.796$, $p < 0.001$. L'erreur quadratique moyenne d'approximation (RMSEA, *Root Mean Square Error of Approximation* en anglais) est égale à 0.071, ce qui indique une adéquation acceptable, quoiqu'une valeur inférieure à 0.05 eut été préférable. Le résidu moyen normalisé (SRMR, *Standardized Root Mean Residual* en anglais) est égal à 0.042, ce qui indique une bonne adéquation du modèle. L'indice comparatif d'adéquation (CFI, *Comparative Fit Index* en anglais) et l'indice de Tucker Lewis (TLI, *Tucker Lewis Index* en anglais) sont respectivement égaux à 0.881 et 0.848, ce qui indique plutôt une mauvaise adéquation, les valeurs acceptables commençant à >0.90 .

Résultats.

L'analyse parallèle a révélé quatre facteurs reliant les variables (tableau 5.14). Pour chaque facteur, nous ne retenons que les variables où les coefficients sont supérieurs à 0.40, en vérifiant que tous les facteurs aient au moins trois variables. La matrice des résidus ne révèle pas de résidus supérieurs à 0.10 en valeur absolue, et donc a priori aucun autre facteur à extraire des variables.

Tableau 5.14 – Coefficients des quatre facteurs issus de l'EFA parallèle.

Messages	F1	F2	F3	F4
(N-7) Bravo! Tu as atteint ton objectif quotidien!	0.896			

Suite page suivante

Tableau 5.14 – suite de la page précédente

Messages	F1	F2	F3	F4
(pro-11) Objectif presque atteint!	0.876			
(pro-8) Tu te rapproches de ton objectif quotidien!	0.854			
(N-8) Objectif terminé pour aujourd'hui, félicitations!	0.820			
(pro-12) Tu es proche de l'objectif!	0.791			
(pro-6) Tu es sur la bonne voie pour atteindre ton objectif quotidien!	0.725			
(N-5) Continue comme ça!	0.711			
(pre-14) Tu n'es pas loin de ton objectif!	0.655			
(pro-10) Tu peux encore réussir ton objectif!	0.588			
(pro-7) C'est un grand pas vers la réalisation de ton objectif quotidien!	0.543			
(pro-9) Tu es sur la voie du succès!	0.464	0.415		
(pre-1) Tu feras le nécessaire pour ne pas échouer!		0.828		
(pre-5) Il est certain que tu feras ce qu'il faut pour atteindre ton objectif!		0.732		
(pro-4) Il est certain que tu avanceras vers ta réussite!		0.727		
(pre-2) Courage, tu as tout pour ne pas échouer!		0.681		
(pre-15) L'objectif n'est pas hors de ta portée!		0.579		
(pro-2) Cette journée sera pleine d'épreuves mais tu les surmonteras facilement!		0.564		
(pre-9) Continue à faire ce qu'il faut!		0.549		
(pre-13) Tu peux faire ce qu'il faut pour atteindre ton objectif!		0.547		
(pre-6) Garde ton objectif en tête et n'en dévie pas!		0.522		
(pro-3) Tu y arriveras : quand on veut, on peut!		0.513		
(pro-1) Courage, tu as tout pour réussir!		0.504		
(pro-5) Les efforts que tu feras porteront leurs fruits!		0.481		
(pre-3) Cette journée sera pleine d'épreuves mais ça vaut le coup d'aller au bout!		0.473		

Suite page suivante

Tableau 5.14 – suite de la page précédente

Messages	F1	F2	F3	F4
(pre-7) Une activité physique suffisante réduira les risques de maladies cardiovasculaires.			0.880	
(pre-11) Ne pas accumuler suffisamment d'activité physique tout au long de la journée peut nuire à la santé.			0.860	
(pre-12) Ne pas pratiquer d'exercice peut engendrer de graves problèmes de santé.			0.844	
(pre-10) Une activité physique régulière neutralise la baisse de la performance physique.			0.708	
(N-2) L'entraînement physique présente de nombreux avantages, notamment une amélioration de la santé mentale et physique!			0.700	
(N-1) Tu peux devenir plus actif en allant te promener.			0.669	
(pre-4) Ta santé est en jeu, ne l'oublie pas!			0.589	
(N-4) C'est le moment d'aller marcher un peu!			0.563	
(pro-13) Tu es devenu plus actif(ve)! Assieds-toi un moment.		0.445		0.594
(pre-16) Tu te débrouilles très bien, mais n'oublie pas de garder un peu d'énergie pour le soir.			0.429	0.452
(pro-14) Tu es en forme, lis le journal pour quelques minutes.				0.511
(N-6) Tu peux peut-être faire une promenade pour le déjeuner aujourd'hui.				0.494
(pre-8) Ne perds pas de vue ton objectif!				
(N-3) Un tour pour le déjeuner?				

Pour faciliter la description des résultats, nous donnons un nom à chaque facteur en fonction du contenu des messages qui le compose :

- Facteur 1 "atteindre l'objectif" : les messages qui concernent l'atteinte proche ou avérée de l'objectif quotidien.
- Facteur 2 "réussir ou éviter d'échouer" : les messages qui abordent la nécessité de réussir l'objectif ou d'éviter d'échouer à atteindre l'objectif.
- Facteur 3 "santé" : les messages comportant un rappel de santé.
- Facteur 4 "relâchement" : les messages indiquant de diminuer l'activité

physique.

En-tête de chaque message sont indiqués le groupe initial duquel il est issu (promotion, prévention ou neutre) et sa position dans la liste. Ainsi, nous remarquons que :

- Les messages du facteur "atteindre l'objectif" sont essentiellement issus des groupes promotion et neutre, et ce sont les messages jugés les plus motivants par tous les participants.
- Les messages du facteur "réussir ou éviter d'échouer" sont autant issus des groupes promotion et prévention, et sont jugés plutôt motivants par les participants d'OR prévention ou neutre.
- Les messages du facteur "santé" sont issus des groupes prévention et neutre, et sont jugés peu motivants par les participants.
- Les messages du facteur "relâchement" sont mixtes. C'est également le facteur avec le moins de messages et ils sont également jugés peu motivants par les participants.
- Deux messages sont "orphelins", sans facteur.

5.4.4.2. Analyses de corrélation

Nous reprenons les analyses de corrélation avec ces quatre nouveaux groupes de messages. Les groupes de messages n'étant plus divisés selon leur cadrage supposé, l'analyse de corrélation était configurée pour chercher une quelconque corrélation, sans hypothèse sur son orientation (ni positive, ni négative).

Groupe 1 : atteindre l'objectif	Notes moyennes			Corrélation			
	N	PRE	PRO	Score Prévention		Score Promotion	
				r de Pearson	p	r de Pearson	p
(N-7) Bravo! Tu as atteint ton objectif quotidien!	7.647	7.722	8.071	0.202	0.012	0.273	<.001
(pro-11) Objectif presque atteint!	6.706	6.861	7.247	0.05	0.537	0.104	0.197
(pro-8) Tu te rapproches de ton objectif quotidien!	6.471	6.639	6.847	0.13	0.107	0.19	0.018
(N-8) Objectif terminé pour aujourd'hui, félicitations!	7.735	7.694	7.965	0.151	0.061	0.227	0.004
(pro-12) Tu es proche de l'objectif!	6.971	6.917	6.953	0.074	0.362	0.107	0.184
(pro-6) Tu es sur la bonne voie pour atteindre ton objectif quotidien!	6.118	6.722	6.776	0.146	0.07	0.219	0.006
(N-5) Continue comme ça!	6.676	6.556	6.565	0.148	0.066	0.18	0.025
(pre-14) Tu n'es pas loin de ton objectif!	6.824	6.139	6.576	0.136	0.091	0.164	0.041
(pro-10) Tu peux encore réussir ton objectif!	6	5.944	5.976	0.182	0.023	0.245	0.002
(pro-7) C'est un grand pas vers la réalisation de ton objectif quotidien!	5.853	6.583	6.165	0.15	0.062	0.144	0.074
(pro-9) Tu es sur la voie du succès!	6.676	6.556	6.329	0.272	<.001	0.258	0.001

Tableau 5.15 – Groupe "atteindre l'objectif". Notes moyennes et analyse de corrélation entre les notes des messages et les scores promotion et prévention. En gras, les corrélations significatives ($p < 0.05$). N = OR neutre, PRO = OR promotion, PRE = OR prévention.

Pour le groupe "atteindre l'objectif" (tableau 5.15), des corrélations positives faibles (r de Pearson < 0.29) sont relevées entre le score promotion et huit messages du groupe sur onze, et entre le score prévention et trois messages sur onze. Les faibles corrélations, voire l'absence de corrélation, semblent co-

hérentes avec les notes élevées données par l'ensemble des participants, indépendamment de leur OR.

Groupe 2 : réussir ou éviter d'échouer	Notes moyennes			Corrélation			
	N	PRE	PRO	Score Prévention		Score Promotion	
				r de Pearson	p	r de Pearson	p
(pre-1) Tu feras le nécessaire pour ne pas échouer!	4.471	4.194	3.706	0.24	0.003	0.122	0.13
(pre-5) Il est certain que tu feras ce qu'il faut pour atteindre ton objectif!	5.147	4.972	4.2	0.35	<.001	0.203	0.011
(pro-4) Il est certain que tu avanceras vers ta réussite!	4.794	5.333	4.824	0.315	<.001	0.263	<.001
(pre-2) Courage, tu as tout pour ne pas échouer!	5	4.722	4.224	0.207	0.01	0.133	0.1
(pre-15) L'objectif n'est pas hors de ta portée!	5.118	5	4.812	0.263	<.001	0.131	0.103
(pro-2) Cette journée sera pleine d'épreuves mais tu les surmonteras facilement!	4.706	5.139	4.588	0.263	<.001	0.193	0.016
(pre-9) Continue à faire ce qu'il faut!	5.118	5.333	4.718	0.268	<.001	0.219	0.006
(pre-13) Tu peux faire ce qu'il faut pour atteindre ton objectif!	5.118	5.278	4.765	0.281	<.001	0.198	0.014
(pre-6) Garde ton objectif en tête et n'en dévie pas!	5.529	4.917	4.494	0.445	<.001	0.319	<.001
(pro-3) Tu y arriveras : quand on veut, on peut!	4.265	4.417	4.106	0.323	<.001	0.275	<.001
(pro-1) Courage, tu as tout pour réussir!	5.676	6.056	5.824	0.272	<.001	0.289	<.001
(pro-5) Les efforts que tu feras porteront leurs fruits!	6.118	6.083	5.729	0.313	<.001	0.279	<.001
(pre-3) Cette journée sera pleine d'épreuves mais ça vaut le coup d'aller au bout!	5.118	5.417	4.871	0.248	0.002	0.21	0.009

Tableau 5.16 – Groupe "réussir ou éviter d'échouer". Notes moyennes et analyse de corrélation entre les notes des messages et les scores promotion et prévention. En gras, les corrélations significatives ($p < 0.05$).

Pour le groupe "réussir ou éviter d'échouer", cinq messages sur treize ont des corrélations positives moyennes (r de Pearson entre 0.30 et 0.49), et huit messages sur treize ont des corrélations positives faibles (r de Pearson < 0.29), avec le score prévention. Les messages de ce groupe semblent être considérés comme plus motivants par les participants neutres ou d'OR prévention, qui ont donc un score prévention a priori plus élevé que les participants d'OR promotion. Pour le score promotion, un seul message a une corrélation positive moyenne, et neuf messages sur treize ont des corrélations positives faibles.

Groupe 3 : santé	Notes moyennes			Corrélation			
	N	PRE	PRO	Score Prévention		Score Promotion	
				r de Pearson	p	r de Pearson	p
(pre-7) Une activité physique suffisante réduira les risques de maladies cardiovasculaires.	4.794	5.278	4.729	0.324	<.001	0.278	<.001
(pre-11) Ne pas accumuler suffisamment d'activité physique tout au long de la journée peut nuire à la santé.	3.971	3.972	3.635	0.298	<.001	0.232	0.004
(pre-12) Ne pas pratiquer d'exercice peut engendrer de graves problèmes de santé.	3.941	3.833	3.659	0.275	<.001	0.228	0.004
(pre-10) Une activité physique régulière neutralise la baisse de la performance physique.	4.324	4.194	4.282	0.205	0.01	0.276	<.001
(N-2) L'entraînement physique présente de nombreux avantages, notamment une amélioration de la santé mentale et physique!	5.118	5.722	5.271	0.229	0.004	0.216	0.007
(N-1) Tu peux devenir plus actif en allant te promener.	5.029	5.361	5.106	0.154	0.056	0.103	0.201
(pre-4) Ta santé est en jeu, ne l'oublie pas!	4.765	4.667	3.718	0.348	<.001	0.236	0.003
(N-4) C'est le moment d'aller marcher un peu!	5.647	5.25	5.612	0.04	0.622	0.133	0.1

Tableau 5.17 – Groupe "santé". Notes moyennes et analyse de corrélation entre les notes des messages et les scores promotion et prévention. En gras, les corrélations significatives ($p < 0.05$).

Pour le groupe "santé", l'essentiel des messages ont des corrélations positives faibles avec les deux scores ($p < 0.01$). Pour le groupe "relâchement", aucune corrélation n'est trouvée.

Groupe 4 : relâchement	Notes moyennes			Corrélation			
	N	PRE	PRO	Score Prévention		Score Promotion	
				r de Pearson	p	r de Pearson	p
(pro-13) Tu es devenu plus actif(ve)! Assieds-toi un moment.	4.5	5.083	4.824	-0.04	0.625	-0.083	0.302
(pre-16) Tu te débrouilles très bien, mais n'oublie pas de garder un peu d'énergie pour le soir.	5	5.167	4.8	0.063	0.439	0	0.991
(pro-14) Tu es en forme, lis le journal pour quelques minutes.	4.265	4.222	3.8	0.078	0.337	-0.078	0.332
(N-6) Tu peux peut-être faire une promenade pour le déjeuner aujourd'hui.	4.912	5.278	5.2	0.046	0.573	0.009	0.913

Tableau 5.18 – Groupe "relâchement". Notes moyennes et analyse de corrélation entre les notes des messages et les scores promotion et prévention.

5.4.4.3. ANOVAs à mesures répétées

Nous avons réalisé quatre ANOVAs à mesures répétées, une par groupe de messages, avec pour mesures répétées les messages d'un groupe, et pour facteur inter-sujet l'OR. Pour les quatre ANOVAs, le test de Levene était non significatif, indiquant la poursuite des analyses. Le test de Mauchly était significatif, avec $\epsilon < 0.75$, indiquant l'application de la correction de Greenhouse-Geisser (GG) pour les groupes "santé" et "relâchement", et $\epsilon < 0.75$ pour les groupes "atteindre l'objectif" et "réussir ou éviter d'échouer", indiquant l'application de la correction de Huynh-Feldt (HF).

Pour les quatre ANOVAs, le seul effet principal est celui des messages, c'est-à-dire qu'il existe des différences significatives de notes entre les messages, indépendamment de l'OR des participants (tableau 5.19).

Groupe de messages	Correction	F	p	ω^2	Puissance
Atteindre l'objectif	GG	23,245	<0,001	0,049	0,915
Réussir ou éviter d'échouer	HF	12,071	<0,001	0,029	0,569
Santé	GG	22,255	<0,001	0,047	0,934
Relâchement	GG	8,448	<0,001	0,019	0,644

Tableau 5.19 – Résumé des ANOVAs à mesures répétées sur les quatre groupes de messages.

5.4.4.4. Conclusion

En faisant une analyse factorielle exploratoire des messages, nous espérons obtenir des groupes de messages pour lesquels l'OR des participants joue un rôle crucial dans la notation. Nous avons fait des analyses de corrélation, pour essayer de relier les notes des messages aux scores promotion et prévention des participants, puis nous avons fait des ANOVAs à mesures répétées sur ces nouveaux groupes.

Force est de constater que les notes des messages de ces quatre groupes

ne sont toujours pas influencées par l'OR des participants, et souvent les participants s'accordent sur le caractère motivant des messages de tout un groupe (par exemple, le groupe "atteindre l'objectif" est plébiscité par l'ensemble des participants). Nous revenons sur ces résultats et sur les limites de notre démarche dans la section suivante.

5.4.5. Discussion

A l'issue de notre deuxième étude, nous avons conclu qu'il était nécessaire de vérifier l'adéquation du cadrage des messages motivationnels avec le profil des utilisateurs (leur OR). C'était l'objet de cette étude de conception, pour laquelle nous avons réalisé plusieurs analyses : tout d'abord, des ANOVAs à mesures répétées sur les groupes initiaux de messages avec l'OR en facteur inter-sujet, sans que cela ne révèle d'effet particulier. Il y a des différences significatives de notes entre les messages sans que l'OR n'en soit responsable. Ces résultats ont questionné notre démarche d'élaboration des messages, et en particulier leur catégorisation : un message étiqueté "promotion" était-il vraiment cadré promotion ? Avec les mêmes questions pour les messages étiquetés "prévention" et "neutre".

Une analyse factorielle exploratoire a permis de mettre en lumière quatre nouveaux groupes de messages, centrés autour de leur contenu et leur notes : par exemple, les messages jugés les plus motivants sont ceux en rapport avec l'atteinte de l'objectif quotidien, et les messages jugés les moins motivants sont les messages de santé ou qui indiquent de diminuer l'activité physique. Avec cette réorganisation des messages, l'OR ne semble toujours pas jouer de rôle dans leur évaluation. Deux points sont à soulever pour essayer d'expliquer ce résultat : la démarche suivie pour la création des messages, et la manière d'acquérir le profil des utilisateurs.

La démarche de création des messages était centrée sur l'assurance que les messages étaient principalement issus de la littérature dans laquelle ils étaient efficaces pour la motivation à l'activité physique, et sur l'économie de temps de ne pas faire d'étude préliminaire pour valider leur caractère motivant, puisque justement ils sont issus d'études montrant une amélioration de l'activité physique des participants [1-3, 42, 47, 101, 133, 145]. Ces études rapportent un effet globalement positif, sans toutefois spécifiquement rapporter l'effet des messages seuls sur l'amélioration de l'activité physique. L'étude a posteriori que nous avons faite aurait dû être réalisée en amont de la deuxième étude : nous aurions alors constaté l'inadéquation des étiquettes "promotion", "prévention" et "neutre" entre les messages et les profils des utilisateurs. Par ailleurs, les messages issus de la littérature en anglais ont été traduits par nos soins. Il subsiste alors une incertitude sur la qualité de la traduction : les messages traduits n'étaient peut-être pas aussi pertinents que

les messages originaux.

La manière d'acquérir le profil des utilisateurs peut également être remise en question, notamment en ce qui concerne l'échelle de mesure de l'Orientation Régulatrice pour l'Activité Physique (le questionnaire EORAP [87]). L'auteur a réalisé deux études validant la structure factorielle, la consistance interne et la stabilité temporelle de cet outil, mais sans que ces études ne soient publiées, à notre connaissance, en dehors de sa thèse de doctorat [87]. La thèse publiée en 2019 semble donc être la seule source de cet outil et cette dernière n'est citée que deux fois d'après Google Scholar², ce qui interroge son utilisation réelle dans le cadre d'une étude autour de la marche à pied. Nous revenons sur cet outil en particulier dans le chapitre 7, section 7.1.4. sur les limites générales et transverses de nos travaux.

5.5. Résumé du chapitre "Adaptation de messages motivationnels"

Dans ce chapitre, nous nous sommes tout d'abord intéressés à comment, dans la littérature, nous pouvons motiver à l'activité physique et à la marche par le biais de messages motivationnels, notamment en cadrant les messages. Nous avons ensuite présenté la deuxième dimension de notre modèle PADME, l'adaptation de messages motivationnels au profil d'OR des utilisateurs, et comment nous l'avons mise en œuvre dans l'application Android. Enfin, nous avons réalisé deux études en rapport avec les messages : une étude longitudinale sur le terrain, de quatre semaines pour les participants, pour évaluer notre modèle, et une étude en ligne en session unique pour valider a posteriori les messages motivationnels utilisés dans l'étude précédente.

Le cadrage d'une information consiste à formuler différemment un énoncé ou une question de manière à influencer la réponse et donc le choix d'un individu [140]. Cet effet est particulièrement saillant dans des contextes de gains ou de risques potentiels, où les individus ont tendance à éviter de prendre des risques pour assurer un gain minimal ou éviter d'en prendre pour limiter les pertes respectivement [140]. La TOR décrit les OR promotion et prévention, deux stratégies d'action des individus en fonction du contexte, de leurs objectifs et de leurs manières de les atteindre [138]. Lorsqu'un message motivationnel cadré promotion (resp. prévention) est reçu par un individu d'OR promotion (resp. prévention), l'effet motivationnel du message est amélioré (Cesario 2004). Ce résultat est notamment utilisé dans le domaine de la promotion de la santé et de l'activité physique [53, 89, 121, 124]. Le cadrage peut aussi cibler un groupe d'individus dans un contexte précis, c'est le tailoring [5,

2. <https://scholar.google.com/scholar?cites=17485303289574790761>

114] ou s'ajuster à un individu en particulier, il est alors question de personnalisation [114]. Enfin, op den Akker *et al.* [6] proposent un cadre de travail pour la génération de messages motivationnels indépendants de toute théorie, selon quatre propriétés adaptables : le moment d'envoi du message, son intention, son contenu et sa représentation. Nous nous appuyons sur ce cadre de travail pour proposer une adaptation de messages motivationnels incluant la TOR et la TAD pour renforcer la motivation à la marche.

La deuxième dimension d'adaptation de notre modèle se focalise sur deux aspects : la génération des messages et leur envoi par le système. Les messages sont construits en suivant les quatre propriétés du cadre de travail d'op den Akker *et al.* [6], dans lesquelles nous ajoutons la TOR en ce qui concerne le cadrage des messages, et la TAD pour différentes interactions liées aux messages, la révélation de l'objectif quotidien et l'accusé-réception d'un message motivationnel par l'utilisateur, afin de renforcer son sentiment d'autonomie [131]. Pour envoyer les messages à l'utilisateur, le système se base sur trois arbres du temps, un par OR (promotion, prévention et neutre), c'est-à-dire trois algorithmes qui s'adaptent à l'OR de l'utilisateur. Pour les arbres promotion et prévention, des mesures de l'avancement de l'objectif sont réalisées à 11h, 17h et 20h, et un message est envoyé ou non selon cet avancement à ces différentes échéances. Nous avons fait évoluer l'application Android PADME afin de refléter ces changements dans le modèle et permettre à l'utilisateur d'accéder à ces nouvelles fonctions. En particulier, nous avons ajouté un onglet d'historique des messages contenant l'ensemble des messages envoyés par le système depuis la création du profil de l'utilisateur, et nous avons mis à jour l'écran d'accueil avec l'affichage du dernier message motivationnel et les deux interactions susmentionnées : la révélation de l'objectif quotidien adapté et la validation du dernier message reçu.

Nous avons conduit une étude longitudinale sur le terrain pour évaluer l'adaptation de messages motivationnels. Trente-deux personnes ont complété l'intervention de quatre semaines. L'hypothèse principale était qu'un message motivationnel cadré selon l'OR des utilisateurs lui permet de ressentir l'adéquation, et d'y être donc plus sensible, améliorant ainsi sa motivation à la marche et la marche elle-même. Les résultats indiquent globalement une progression de l'activité physique des participants et une amélioration de la motivation pour la condition adaptée, avec des résultats et des effets différents selon l'OR des utilisateurs. Ceux d'OR neutre en particulier accomplissent plus souvent leurs objectifs quotidiens, et ont plus de facilité à utiliser l'application. Cependant, les messages motivationnels n'ont pas été plébiscités par les participants, et l'hypothèse principale de cette étude n'a pu être vérifiée, ce qui nous a mené à remettre en question le cadrage supposé des messages motivationnels.

Afin d'investiguer ce doute, nous avons mené une étude de conception, sous le format d'une enquête en ligne sur une session unique. Cent-cinquante-cinq personnes ont participé à cette étude. L'hypothèse principale indiquait qu'un message cadré promotion serait jugé plus motivant qu'un message cadré prévention, pour un individu d'OR promotion, et inversement. Les résultats ont indiqué une catégorisation plutôt thématique que liée à l'OR des participants, par exemple, tous les messages en lien avec l'atteinte d'un objectif ont été évalués comme motivants par tous les participants, indépendamment de leur OR. Notre hypothèse n'ayant pas été validée, nous nous sommes interrogés sur plusieurs points, en particulier la méthodologie suivie pour concevoir le corpus de messages, ainsi que les outils de mesure du profil, notamment l'EORAP [87].

Avec l'adaptation de messages motivationnels, nous avons en partie adressé une limite identifiée au chapitre 4 : le manque de soutien durable, au-delà de deux semaines, à la marche. Les messages motivationnels ont des résultats en demi-teinte qui nécessiteraient d'être approfondis, notamment par la création et la validation d'un corpus de messages cadrés promotion et prévention pour l'activité physique et la marche. Dans le chapitre suivant, nous mettons de côté l'approche des messages motivationnels pour chercher dans une autre direction comment motiver à la marche de manière quotidienne, continue et durable, en conservant toutefois les théories de la motivation (TAD) et de la personnalité (TOR) utilisées jusque là.

CHAPITRE 6 - Adaptation de la ludification de la marche

Après l'étude sur l'adaptation de messages motivationnels, puis l'enquête en ligne sur la validation du cadrage de nos messages, force est de constater que l'utilisation de messages cadrés selon l'OR des utilisateurs nécessite une méthodologie rigoureuse d'élaboration des messages, et une validation indépendante et dédiée - nous reviendrons sur ce point au chapitre 7. Nous avons également constaté, et ce depuis le chapitre 4 et l'adaptation d'un objectif quotidien, une perte de vitesse dans l'utilisation de l'application d'une part, et du volume de pas marchés d'autre part : même si la motivation à l'activité physique tend à augmenter, la marche, mesurée par le biais des capteurs de notre application PADME, diminue au cours du temps, et ce pour tous les participants.

Dans ce chapitre, nous proposons d'étendre notre modèle PADME avec une nouvelle approche de motivation, la ludification, qui s'appuie quand même sur les résultats positifs de nos études : nous conservons l'adaptation d'un objectif quotidien, ainsi que certains messages motivationnels, essentiellement centrés sur l'atteinte de l'objectif, qui étaient considérés comme les plus motivants par les participants de l'étude de conception. Nous persistons également dans l'utilisation de bases théoriques de la psychologie, la TAD pour atteindre un état de motivation et de bien-être, et la TOR pour la description de la personnalité des utilisateurs, et en particulier leurs stratégies d'action pour atteindre leurs buts. Nous commençons, dans la section suivante, par un état de l'art de la ludification, et en particulier la ludification pour l'activité physique et la marche.

6.1. Etat de l'art sur la ludification

6.1.1. En général

6.1.1.1. Définition et vocabulaire

Définition.

La "*gamification*" terme anglais traduit par "*ludification*" dans la suite du manuscrit, est "*l'utilisation d'éléments de jeu dans des contextes non ludiques*" [43], c'est-à-dire pour les contextes où la tâche à réaliser ne fait pas partie d'un jeu, ou n'est pas conçue comme un jeu, comme une activité ludique. La ludification intervient alors en phase de conception, lors de la définition des règles et des composants du système ludifié [43].

Les éléments de jeu sont des composants, des morceaux d'un jeu, qui peuvent être extraits et rendus abstraits. Nous prenons par exemple la notion de progression : sa représentation peut être un nombre (42), un élément graphique (une barre ou une couleur), des interactions disponibles ou non dans le système. La manière de classer les éléments de jeu a évolué depuis la définition de Deterding *et al.* [43].

Comme le notent Sailer *et al.* [128], la définition de Deterding *et al.* [43] évite d'aborder la notion de but en se concentrant sur la manière dont est mise en œuvre la ludification.

Eléments de jeu?

Une classification très utilisée dans la littérature est celle de Werbach et Hunter [149], la DMC pour *Dynamics, Mechanics and Components*, soit *Dynamiques, Mécaniques et Composants* en français. Cette classification est organisée en pyramide, des éléments les plus abstraits (les dynamiques) aux éléments les plus concrets (les composants). Les dynamiques sont les aspects généraux et conceptuels d'un système ludifié, la structure sous-jacente qui articule les autres éléments, telle que sa "*grammaire*". La narration, ou les contraintes exercées sur l'utilisateur sont des exemples de dynamiques. Les mécaniques sont les "*verbes*", les processus qui font avancer l'action. Elles sont utilisées pour faire progresser le périple de l'utilisateur dans le système ludifié. Nous pouvons citer comme exemples de mécaniques : les récompenses, les objectifs donnés par le système ou encore les conditions de victoire. Les composants sont les "*noms*", c'est-à-dire les implémentations spécifiques des deux catégories précédentes, les dynamiques et les mécaniques, par exemple, les points, les badges, les niveaux de progression, etc.

Les composants peuvent implémenter un ou plusieurs éléments des niveaux supérieurs. Par exemple, les succès sont à la fois l'expression de la progression, de challenges et de la récompense et ils sont souvent associés à un badge.

Plus récemment, Hallifax *et al.* [64] ont proposé une classification des éléments de jeu reflétant l'utilisation concrète qu'ils ont constatée dans la littérature en technologies persuasives et en ludification. Dans la littérature en technologies persuasives, les études présentent généralement des stratégies persuasives ou motivationnelles pour lesquelles un seul élément de jeu (une seule implémentation) est proposé. Ces stratégies correspondent au niveau des mécaniques de la classification DMC, en ignorant les autres niveaux. A l'inverse, dans le domaine de la ludification, les études ont tendance à se focaliser sur l'évaluation des éléments de jeu eux-mêmes (niveau des composants de la DMC), sans considérer comment ces éléments sont conçus (niveaux supérieurs de la classification). La classification de Hallifax *et al.* [64] entend relier

ces deux pratiques, avec une classification à deux niveaux : un niveau abstrait lié aux stratégies motivationnelles poursuivies par le système ludifié et un niveau concret permettant de comparer différentes manières de les implémenter. Par exemple, lorsqu'il s'agit de récompenser l'utilisateur (stratégie récompenses), les différents éléments de jeu pertinents incluent les badges, les points et la notion générique de "récompense utile", qui dépend du domaine, par exemple, un bonus sur le gain d'une ressource.

6.1.1.2. Bases théoriques

La méta-analyse de Krath *et al.* [85] présente les bases théoriques de la ludification, depuis les premiers travaux du début des années 2010 à 2021, et ce dans tous les domaines de recherche.

Les auteurs ont recensé 118 bases théoriques différentes, organisées en trois grandes thématiques de l'objectif poursuivi par la ludification : les bases théoriques centrées sur la motivation, les bases théoriques autour du comportement humain et les bases théoriques centrées sur l'apprentissage et l'éducation. Beaucoup de théories peuvent, selon le contexte et le domaine d'application, être à cheval sur plusieurs cases. Certaines théories sont également plus populaires que d'autres : la TAD par exemple [127] est la théorie la plus mentionnée dans cette méta-analyse, avec plus de 82 études y faisant référence, quoique les publications mentionnées par Krath *et al.* [85] concernent en majorité le domaine de l'apprentissage et de l'éducation.

Les bases théoriques justifiant l'utilisation de la ludification sont riches, et dépendent fortement du contexte applicatif : il est donc nécessaire d'accorder le contexte applicatif et la théorie [64].

6.1.1.3. Typologies d'utilisateurs

Afin d'envisager des possibilités d'adapter la ludification à chaque utilisateur, nous nous intéressons maintenant aux typologies d'utilisateurs. Indépendamment du domaine d'application de la ludification, tous les éléments de jeu n'ont en effet pas le même impact sur tous les individus [64], même si cette notion a mis du temps à apparaître dans la littérature, et malgré les premiers travaux tentant de catégoriser les individus en fonction de leur manière d'aborder un jeu (typologies de *joueurs*) ou un système interactif (typologies d'*utilisateurs*).

Deux typologies sont très souvent mentionnées [90, 109, 117] : la typologie de joueurs de Bartle [14] et la typologie Hexad [137]. La typologie de Bartle définit quatre types de profils de joueurs selon leur manière d'agir ou d'interagir avec le monde du jeu ou les autres joueurs [14, 65]. Elle a été conçue pour un type de jeu en particulier (les donjons multijoueurs) et s'éloigne en cela de la ludification, qui se produit dans un contexte initialement non ludique [65,

137].

La typologie Hexad repose sur les types de motivations intrinsèques et extrinsèques présentées par la TAD. Hexad comporte six types de profils d'utilisateurs [137] :

- Le *Philanthrope* est motivé par un but : il a tendance à donner sans compter et est altruiste.
- Le *Socialisateur* est motivé par l'affiliation : il souhaite interagir avec les autres utilisateurs et créer des liens sociaux.
- L'*Esprit Libre* est motivé par l'autonomie : il apprécie l'expression libre, l'exploration des possibilités d'un système et l'action sans contraintes extérieures.
- L'*Accomplisseur* est motivé par la compétence : il cherche à progresser au sein d'un système en terminant des tâches ou en éprouvant ses capacités.
- Le *Joueur* est motivé par les récompenses extrinsèques : il va chercher à gagner tout type de récompense, quelle que soit l'activité demandée.
- Le *Disrupteur* est motivé par le changement : il a tendance à éprouver les limites d'un système afin de le détruire ou de l'améliorer.

Tout comme la typologie de Bartle, la typologie Hexad mesure la proportion de chaque type de profil pour un utilisateur : souvent, un individu n'est pas à 100% d'un profil et 0% des autres, mais il est constitué de niveaux plus ou moins prononcés dans chacun [64, 65, 137]. Cela permet notamment d'estimer le "profil dominant" d'un utilisateur, c'est-à-dire le profil avec le score le plus élevé, pour lui proposer par exemple les éléments de jeu les plus à même de lui correspondre, sans toutefois ne le restreindre qu'à ceux-ci.

6.1.1.4. Domaines d'application

Le terme ludification étant lui-même issu, à l'origine, de l'industrie des médias numériques [43], l'un des premiers domaines d'application est le marketing, c'est-à-dire rendre ludique l'utilisation d'un produit, d'un service afin de fidéliser les clients/utilisateurs [128, 149]. De nombreux autres domaines utilisent la ludification aujourd'hui, tels que la santé, l'activité physique, l'éducation ou encore les réseaux sociaux [64, 80, 83-85, 90, 102, 108, 117, 151].

Nous proposons de nous concentrer dans la suite sur l'utilisation de la ludification pour la marche à pied.

6.1.2. La ludification pour l'activité physique et la marche

Dans les premiers travaux étudiant la ludification de la marche, tels ceux de Zuckerman *et al.* [151], les versions ludiques des applications n'étaient pas plus efficaces que les versions "classiques" de motivation (retour d'information et définition d'objectif), pour une raison établie plus tard : le profil des participants n'était pas mesuré avant leur répartition aléatoire dans les dif-

férentes versions ludiques de l'application évaluée. Dans les travaux de Zuckerman *et al.* [151], une première version comportait comme éléments de jeu : objectif quotidien, barre de progression et chronomètre ; une deuxième version ajoutait les points ; et une troisième ajoutait en plus les tableaux de scores. Des résultats similaires sont trouvés par Khoshkangini *et al.* [80], dans un contexte différent : la ludification des villes intelligentes, dans l'optique de motiver les utilisateurs à changer leurs habitudes de déplacement au profit des moyens plus écologiques. Les auteurs proposaient une application mobile s'adaptant au contexte géographique et à l'historique des utilisateurs, sans toutefois prendre en compte leur profil.

De récentes méta-analyses portant d'une part sur la ludification de l'activité physique [102], et d'autre part sur la personnalisation de l'activité physique via des applications mobiles [108] arrivent à une même conclusion : l'utilisation de la ludification pour l'activité physique progresse, mais elle est peu explicitement mentionnée et nécessite pour cela de plus amples recherches sur les effets des éléments de jeu. Deux points sont particulièrement intéressants : lorsqu'elle est appliquée à la marche, les effets positifs de la ludification semblent indépendants des caractéristiques interindividuelles telles que l'âge, le genre ou le poids des individus, et c'est sur la mesure du nombre de pas que les effets positifs de la ludification sont les plus importants [102].

Pendant longtemps le triptyque PBL ("*points, badges, leaderboards*" soit points, badges, tableaux de scores en français) a été utilisé comme seule manière de ludifier des applications [149]. D'ailleurs, les éléments de jeu les plus utilisés dans les méta-analyses récentes incluent la progression, les récompenses, les défis, les points, les badges et les niveaux [83, 84, 102, 108]. Cependant, des chercheurs ont observé récemment que des éléments de jeu identiques ne sont pas perçus de la même manière et n'ont pas les mêmes effets selon la stratégie motivationnelle, le contexte d'application et le profil de l'utilisateur, ce qui nécessite donc de mesurer au préalable le profil des utilisateurs, de définir un contexte d'application précis et de déterminer la stratégie motivationnelle adéquate au moment de la conception [64, 117]. Dans notre cas, nous nous intéressons donc à l'utilisation de la TAD et de la TOR pour la ludification personnalisée de la marche à pied sur téléphones mobiles.

6.1.3. TAD, ludification et marche à pied

Les liens entre la TAD et l'activité physique, la marche en particulier, sont avérés et attestés dans la littérature (voir section 2.1.3.3. à propos de la TAD et de l'activité physique). Nous avons vu d'une part que la TAD figure parmi les théories les plus utilisées par la ludification [85], et d'autre part que la ludification est de plus en plus reconnue comme technique de motivation à la marche [102]. Cependant, le lien entre ces trois sujets (TAD, ludification et

marche à pied) dans un contexte mobile n'est pas forcément évident : cinq études sur seize dans la méta-analyse de Mazéas *et al.* [102] rapportent baser leur ludification sur la TAD, et parmi elles, seules deux se placent dans un contexte de téléphone mobile personnel.

Les éléments de jeu mentionnés par Gremaud *et al.* [60] et par Haque *et al.* [67] rejoignent ceux utilisés par les autres études sur la ludification : équipes, compétitions, classements, progression, défis, points et récompenses [60, 67], en précisant la satisfaction des besoins d'autonomie, de compétence et d'affiliation en fonction des éléments de jeu. En particulier, les équipes, les compétitions et les classements tendent à renforcer la satisfaction du besoin d'affiliation, les défis tendent à renforcer la satisfaction du besoin d'autonomie, et la progression tend à renforcer la satisfaction du besoin de compétence [60, 67]. Ces résultats se retrouvent dans la taxonomie des fonctionnalités d'applications élaborée par Villalobos-Zuñiga et Cherubini [143] : les compétitions, la comparaison entre pairs, le partage des performances tendent à satisfaire le besoin d'affiliation ; les récompenses, la progression (sous forme d'historique, de logs ou de retour d'information) tendent à satisfaire le besoin de compétence ; la définition d'objectif (et de défis) et les rappels d'activité tendent à satisfaire le besoin d'autonomie.

6.1.4. TOR, ludification et marche à pied

De manière symétrique, les liens entre la TOR et l'activité physique, et la marche à pied en particulier, sont également attestés dans la littérature (voir section 2.1.2.4. à propos de la TOR et de l'activité physique). Mais à ce jour et à notre connaissance, il n'existe pas de travaux prenant appui sur la TOR pour proposer une ludification de la marche à pied : c'est bien le lien entre la TOR et la ludification qui ne semble pas avoir encore été étudié.

6.1.5. Résumé de l'état de l'art sur la ludification

La ludification est l'utilisation d'éléments de jeu dans un contexte non ludique [43]. Nous assistons depuis 2011 à un essor de cette discipline, dans des contextes applicatifs très différents, tels que l'apprentissage, le marketing, ou encore, l'activité physique, et en particulier, la marche à pied. Ces contextes très différents appellent des bases théoriques tout aussi différentes : jusqu'à 118 théories sont identifiées dans la méta-analyse de Krath *et al.* [85]. La TAD est l'une des théories de la motivation les plus utilisées comme fondation théorique de la ludification [85]. Elle est également la base théorique de la typologie d'utilisateurs Hexad [137], qui décrit six profils d'utilisateurs selon leur manière d'aborder un système interactif. Les profils Hexad peuvent s'exprimer selon que l'utilisateur est motivé par la satisfaction d'un ou plusieurs besoins fondamentaux (autonomie, compétence, affiliation).

Dans le contexte applicatif de la marche, de plus en plus de travaux font

référence à la ludification, de manière plus ou moins explicite [102, 108]. Des chercheurs font d'ailleurs des liens entre certains éléments de jeu et la satisfaction des besoins d'autonomie, de compétence et d'affiliation pour appuyer l'intérêt de la TAD pour la ludification [60, 67, 143]. Dans les études citées par Mazéas *et al.* [102], seules des caractéristiques démographiques (telles que l'âge, le sexe ou le poids) sont utilisées pour différencier les individus, et il semble manquer une prise en compte de la personnalité des utilisateurs, d'autant plus que des éléments de jeu identiques ne sont pas forcément perçus de la même manière entre deux individus [64, 117].

Nous n'avons pas trouvé de travaux s'intéressant aux possibles liens entre la TOR, la ludification et la marche à pied.

Dans la section suivante, nous présentons la dimension "adaptation de la ludification de la marche" que nous proposons dans notre modèle PADME, en deux phases. Tout d'abord une phase conceptuelle, où nous définissons nos objectifs, les profils d'utilisateurs et les éléments de jeu adéquats ainsi que notre contribution originale dans l'ajout de la TOR aux éléments de jeu. La seconde phase décrit l'implémentation dans l'application Android PADME des éléments de jeu définis et conçus lors de la première phase.

6.2. Modèle PADME : dimension "adaptation de la ludification"

La version ludifiée de l'application PADME est la troisième itération du modèle. Dans la première itération, seul l'objectif quotidien était adapté, calculé en s'inspirant de l'algorithme du centile utilisé par Adams *et al.* [2]. L'hypothèse était qu'un objectif quotidien adapté aux performances de l'utilisateur augmenterait sa motivation à la marche, hypothèse en partie vérifiée lors de notre première étude.

Dans la deuxième itération, outre l'adaptation de l'objectif, nous avons implémenté des messages motivationnels adaptés à l'orientation régulatrice de l'utilisateur [27, 138], avec pour hypothèse que lorsqu'il y a une adéquation entre le cadrage des messages motivationnels et l'orientation régulatrice de l'utilisateur, ce dernier est motivé à marcher davantage. Les résultats sont mitigés : nous avons effectivement observé une augmentation de l'activité physique générale, mais les messages ne semblent pas en être l'origine, ces derniers étant peu vus ou lus.

Pour cette troisième itération, nous souhaitons améliorer la motivation à la marche par l'ajout de la ludification, c'est-à-dire l'utilisation d'éléments de conception de jeu pour un contexte non ludique [43], en étendant l'adaptation des interactions selon l'orientation régulatrice des utilisateurs. La ludification

est alors adaptée selon les profils, promotion ou prévention, avec l'hypothèse générale que la concentration d'éléments à la fois rendus ludiques et correspondants à un profil spécifique favorise la motivation à la marche, plutôt que sans ludification (l'étude 1, section 4.3).

Dans les sections suivantes, nous présentons d'abord rapidement l'approche théorique que nous avons suivie, pour ensuite exposer en détails notre implémentation dans l'application PADME en expliquant nos choix de conception.

6.2.1. Ludifier la marche à pied

Selon Hallifax *et al.* [64], tous les éléments de jeu ne conviennent pas à tous les profils, ni à tous les contextes : il est donc important de concevoir des éléments de jeu spécifiques à notre domaine d'application, la marche à pied, et qui s'adressent au plus grand nombre de profils [137]. Par exemple, les badges et les objectifs sont utilisables par tous types de profil [63].

6.2.1.1. Définition des profils Hexad des utilisateurs

A la fin de l'étude sur l'adaptation de messages motivationnels (chapitre 5, section 5.3), les utilisateurs ont été invités à répondre à plusieurs questionnaires, dont le questionnaire de la typologie Hexad, portant sur les types d'utilisateurs [137]. Nous avons inclus ce questionnaire dans cette précédente étude pour mesurer quels étaient les profils typiquement rencontrés parmi les individus qui pratiquent la marche à pied, afin d'orienter notre réflexion et notre conception sur la ludification pour le présent chapitre. La section 6.1.1.3. du présent chapitre détaille les différents profils de la typologie Hexad. Nous avons choisi cette typologie en particulier car sa conception autour de la satisfaction des besoins fondamentaux de la théorie de l'autodétermination [41] appuie notre conception et notre modèle. Son efficacité et sa pertinence ont par ailleurs été démontrées [137] et elle est l'une des typologies d'utilisateurs les plus utilisées à ce jour [64, 65, 117].

Deux profils sont particulièrement représentés dans notre échantillon issu de l'étude sur l'adaptation de messages motivationnels (tableau 6.1) : le profil Philanthrope, motivé par un but précis et l'altruisme ; et le profil Esprit Libre, motivé par l'exploration, l'autonomie et l'absence de limites [64, 137].

Profils Hexad	Philanthrope	Socialisateur	Esprit Libre	Accomplisseur	Disrupteur	Joueur
Scores moyens au questionnaire HEXAD	76%	59%	80%	65%	41%	59%
Proportion profil dominant	68%	18%	82%	32%	4%	29%

Tableau 6.1 – Scores moyens et proportions d'apparition des profils Hexad parmi les participants de l'étude sur les messages motivationnels du chapitre 5. Le profil dominant d'un utilisateur est le profil ayant le score le plus élevé.

Les travaux d'Hallifax *et al.* [64] montrent certaines adéquations entre des

éléments de jeu et des profils Hexad, quoique le détail de l'implémentation de ces éléments de jeu dépende du contexte applicatif. Nos choix des éléments de jeu de la dimension ludifiée de PADME reposent alors sur :

- les éléments de jeu présents dans la littérature ;
- les recommandations de conception d'Hallifax *et al.* [64] en ce qui concerne les profils philanthrope et esprit libre ;
- notre contexte applicatif de motivation à la marche à pied.

Nous explorons dans la section suivante comment ce choix est en plus impacté par l'ajout de la TOR [138] à la dimension ludifiée de PADME.

6.2.1.2. Éléments de jeu et Théorie de l'Orientation Régulatrice

Afin d'harmoniser et d'organiser la conception d'applications ludifiées, Hallifax propose dans sa thèse [63] un espace de conception en trois étapes : déterminer les stratégies motivationnelles promouvant la marche à pied, choisir les éléments de jeu correspondant à ces stratégies et aux profils identifiés des utilisateurs, et concevoir chaque instance d'élément de jeu en tenant compte du contexte de la marche à pied. La contribution que nous proposons est d'inclure la théorie de l'orientation régulatrice (TOR [138]) à la ludification : les éléments de jeu devront donc s'adapter à l'orientation régulatrice de l'utilisateur (promotion, prévention, ou neutre). L'utilisation de la TOR avec la ludification n'est documentée ni dans un contexte général, ni dans un contexte de motivation à la marche [83, 85], ce qui en fait une piste originale et intéressante à explorer pour renforcer la motivation à la marche.

Dans notre phase de conception, nous avons repris la classification d'Hallifax [63] des stratégies motivationnelles et des éléments de jeu en ne gardant que les éléments utilisés dans la littérature sur la marche [60, 67, 83, 84, 102, 108]. Pour chaque stratégie et chaque élément général, nous avons proposé un élément de jeu concret pour chaque type d'OR : un élément type promotion et un élément type prévention. Pour les individus étant autant sensibles à l'approche promotion que prévention (désignés comme neutres), un élément neutre est proposé : il est souvent un choix parmi les éléments promotion, prévention ou un mélange des deux. Enfin, dans la liste résultante d'éléments de jeu, nous avons sélectionné ceux qui sont à la fois les plus courants dans la littérature de la ludification de la marche et qui couvrent le plus de profils Hexad : les points, les badges, l'objectif quotidien, les défis, et la progression [63, 64, 84, 102]. L'objectif quotidien (en tant que définition d'un objectif adapté) et la progression (de cet objectif) étaient déjà présents dans les deux premières itérations du modèle.

Dans la section suivante, nous détaillons de manière exhaustive les spécifications de ces éléments de jeu tels que nous les avons implémentés dans l'application PADME, notamment en ce qui concerne l'inclusion de la TOR,

c'est-à-dire comment nous avons essayé de relier les approches promotion et prévention à des éléments de jeu.

6.2.2. La marche ludifiée avec PADME

Cette version ludifiée a été conçue de manière itérative en se basant sur l'approche théorique décrite dans la section précédente et avec des entretiens avec les encadrants de thèse qui ont inspiré certains éléments de jeu décrits dans cette section. Les composants de l'application qui ne changent pas vis-à-vis des précédentes versions du modèle sont rapidement évoqués.

6.2.2.1. La narration : présenter la ludification à l'utilisateur

La narration est un élément de jeu qui permet de relier les autres éléments de jeu entre eux et est dépendante du contexte d'application [64, 83, 102]. Dans la ludification de PADME, la narration est une interaction métaphorique en lien avec la marche. Elle consiste en l'accumulation d'une ressource, les points, acquise par les mécaniques proposées dans l'application (la marche à pied, les défis, les badges, la connexion) et stockée quotidiennement dans un réservoir. Les mécaniques produisant cette ressource sont détaillées dans la section 6.2.2.6. à suivre.

Dans notre cadre applicatif, la marche à pied, la ressource s'accumule dans un réservoir appelé "jauge de Score Santé" (décrit en 6.2.2.3. avec l'écran principal puis en 6.2.2.6. avec les mécaniques), qui n'est pas une mesure médicale ou de santé à proprement parler, mais qui illustre les bienfaits de la marche sur la santé. La particularité de notre modèle est de proposer une adaptation de cette mécanique en fonction du profil de l'utilisateur, et notamment en fonction de son OR. Pour les individus d'OR promotion, le but est de remplir ce réservoir, dans une approche d'atteinte d'un état désiré (se sentir bien, être en bonne santé) ou d'un gain potentiel (marcher davantage, développer des aptitudes de marche), caractéristique de l'orientation promotion [38, 91]. Pour les individus d'OR prévention, le but est de maintenir le réservoir plein (ou d'éviter qu'il se vide), dans une approche d'évitement d'un état non désiré (se sentir mal, être en mauvaise santé) ou de perte potentielle (perte de performance, d'endurance, etc.), caractéristique de l'orientation prévention [38, 91].

Finalement, que l'individu soit d'OR promotion ou prévention, il permet à la ressource de s'accumuler par la marche et par ses actions.

6.2.2.2. Le modèle de l'utilisateur

La partie profil du modèle de l'utilisateur est constituée des mêmes questionnaires que les précédentes itérations :

- son orientation régulatrice (Théorie de l'Orientation Régulatrice [138]), mesurée par l'EORAP (Échelle de mesure de l'Orientation Régulatrice

- pour l'Activité Physique [87]),
- sa motivation à l'activité physique, mesurée par l'EMAPS (Échelle de Motivation à l'Activité Physique en Santé [20]),
- son niveau récent d'activité physique, mesuré par l'IPAQ (International Physical Activity Questionnaire [34]).

Ces questionnaires sont remplis par l'utilisateur à la création du profil, qui se produit lors de la première utilisation de l'application. Cette création de profil est nécessaire pour accéder au reste de l'application.

Le modèle de l'utilisateur est par la suite alimenté par les interactions avec l'application, et notamment les performances de marche de l'utilisateur : le nombre quotidien de pas qu'il effectue, l'objectif, son atteinte, les défis commencés, les défis réussis. Le profil sert à son tour de source d'informations pour le modèle d'adaptation.

6.2.2.3. L'écran principal

L'application se lance directement sur l'écran principal, duquel l'utilisateur peut naviguer jusqu'aux autres pages par des icônes (figure 6.1). L'écran principal a un aspect différent selon l'OR de l'utilisateur et les sensibilités aux formes et aux couleurs : couleurs orangées et formes lisses pour les utilisateurs d'OR promotion, couleurs rougeâtres et formes saillantes pour les utilisateurs d'OR prévention [46]. Ces caractéristiques sont appliquées sur les icônes, sur la jauge du Score Santé au centre, sur la barre de progression des défis, en bas de l'écran. Elles sont également reprises pour les autres éléments de jeu utilisés à travers l'application, tels que les badges, l'historique, le tutoriel et les défis.

Icônes périphériques.

Les icônes sont adaptées à l'OR de l'utilisateur, et existent donc en trois versions (figure 6.2). L'icône dans le coin supérieur gauche, représentant une silhouette, permet d'accéder à l'écran de profil de l'utilisateur (section 6.2.2.4.). L'icône dans le coin supérieur droit, en forme de point d'interrogation, ouvre le tutoriel adapté expliquant le fonctionnement de l'application (section 6.2.2.6.6.). L'icône dans le coin inférieur gauche, représentant des points reliés entre eux, permet d'accéder à l'écran de l'historique de l'utilisateur (section 6.2.2.5.). L'icône dans le coin inférieur droit, représentant un point d'information, ouvre l'écran d'à propos, qui présente quelques aspects techniques de l'application ainsi que les adresses électroniques de contact. Cet écran est identique aux précédentes versions de l'application, et n'est pas présenté ici.

Icônes centrales.

Au centre de l'écran figure la jauge de "Score Santé", avec plusieurs seuils et informations (figure 6.3). Un premier seuil, affiché à droite de la jauge et fixé à dix-mille points, est identique et persistant pour tous les utilisateurs.



Figure 6.1 – Écran principal de PADME. De gauche à droite : version promotion (orange), version neutre (violette), version prévention (rouge). Les différences entre les versions sont encadrées en vert pour illustration, les encadrés verts ne figurent pas sur l'application.

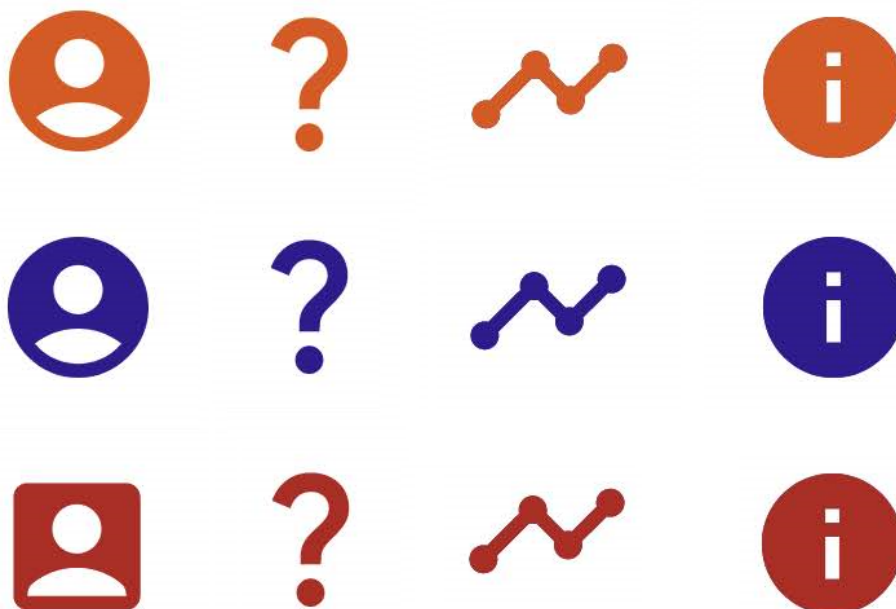


Figure 6.2 – Icônes de l'écran principal de PADME. De haut en bas : version promotion, version neutre, version prévention. De gauche à droite : profil, tutoriel, historique, à propos.

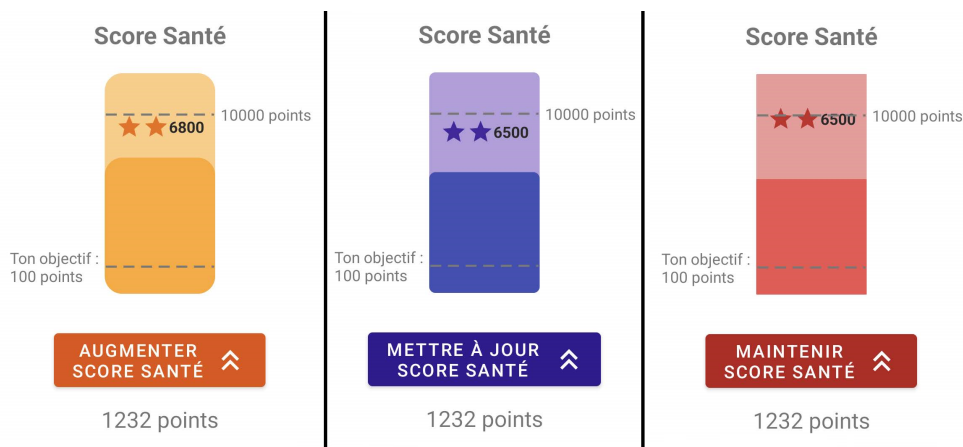


Figure 6.3 – Jauges du Score Santé de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.

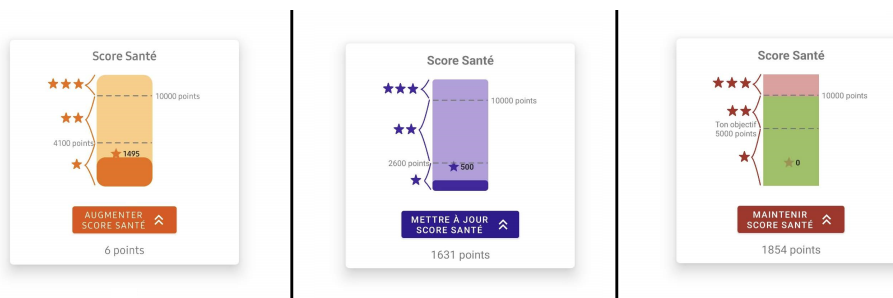


Figure 6.4 – Détails des étoiles sur la jauge de Score Santé, selon le profil d'OR.

Il symbolise la transposition des recommandations de marche quotidienne de l'OMS [115, 139], adaptée à la ludification, de dix-mille pas quotidiens à dix-mille points quotidiens. Un second seuil, affiché à gauche de la jauge, représente l'objectif quotidien de l'utilisateur, en points. Cet objectif est hérité des itérations précédentes du modèle, son montant est calculé de la même manière, d'après l'algorithme du centile d'Adams *et al.* [2].

Une troisième information est affichée directement dans la jauge, identique pour tous les profils (figure 6.4) : il s'agit du nombre de points actuellement dans la jauge, dépensés par l'utilisateur. Le niveau de la jauge est corrélé à ce nombre, ainsi que les étoiles affichées sur sa gauche :

- Lorsque le nombre de points dépasse zéro, une étoile est affichée.
- Lorsque le nombre de points dépasse l'objectif quotidien, deux étoiles sont affichées.
- Lorsque le nombre de points dépasse le seuil de dix-mille points, trois étoiles sont affichées et la jauge devient verte.

Enfin, le nombre actuel de points à disposition de l'utilisateur est affiché en dessous du bouton de Score Santé.

Interactions.

Deux boutons sont présents sur l'écran principal. Le bouton de Score Santé permet de dépenser les points acquis durant la journée. Le bouton "Lancer un défi" permet de commencer un nouveau défi de marche, en temps limité, avec un objectif en nombre de pas défini. L'affichage du défi est fait dans la zone encadrée juste au-dessus du bouton. Une présentation exhaustive de ces deux mécaniques est faite par la suite, dans la section 6.2.2.6. sur les mécaniques de jeu.

6.2.2.4. L'écran de profil

L'écran de profil affiche les statistiques d'utilisation de l'application de l'utilisateur ainsi que les badges débloqués. L'écran de profil est un moyen pour l'utilisateur d'avoir un retour d'information général sur ses actions dans l'application, et ses performances dans les tâches proposées, ce qui d'après la taxonomie de Villalobos-Zuñiga et Cherubini [143] renforce la satisfaction du besoin de compétence.

Les statistiques incluent :

- le nombre total de points gagnés depuis le premier jour,
- le nombre de jours écoulés depuis l'installation de l'application,
- le nombre de jours où l'utilisateur s'est connecté à l'application,
- le nombre total de pas marchés depuis le premier jour,
- le nombre d'objectifs quotidiens atteints,
- le nombre de défis réussis,
- le nombre de fois où la jauge de Score Santé était à son maximum (plus de dix-mille points),
- le nombre de clics sur le bouton de Score Santé.

Les badges affichés sur le profil suivent certaines de ces statistiques (figure 6.5). Ils sont présentés dans la section 6.2.2.6., sur les mécaniques.

6.2.2.5. L'écran de l'historique

L'écran de l'historique affiche le détail essentiel de chaque jour, depuis l'installation de l'application (figure 6.6). Il est identique pour les trois versions de l'application, seules les couleurs des interlignes et des étoiles changent.

L'historique contient, sur chaque ligne :

- la date au format jour mois année, par exemple "23 mai 2023",
- le nombre de pas effectués à cette date, par exemple "2226",
- l'objectif quotidien à cette date, par exemple "6800",
- le nombre d'étoiles sur Score Santé à cette date, par exemple "une étoile".

Si une étoile grise est affichée, cela signifie que l'utilisateur n'a pas marché (en tout cas pas avec son téléphone allumé). Une étoile violette est attribuée dès lors que le nombre de pas du jour dépasse zéro.

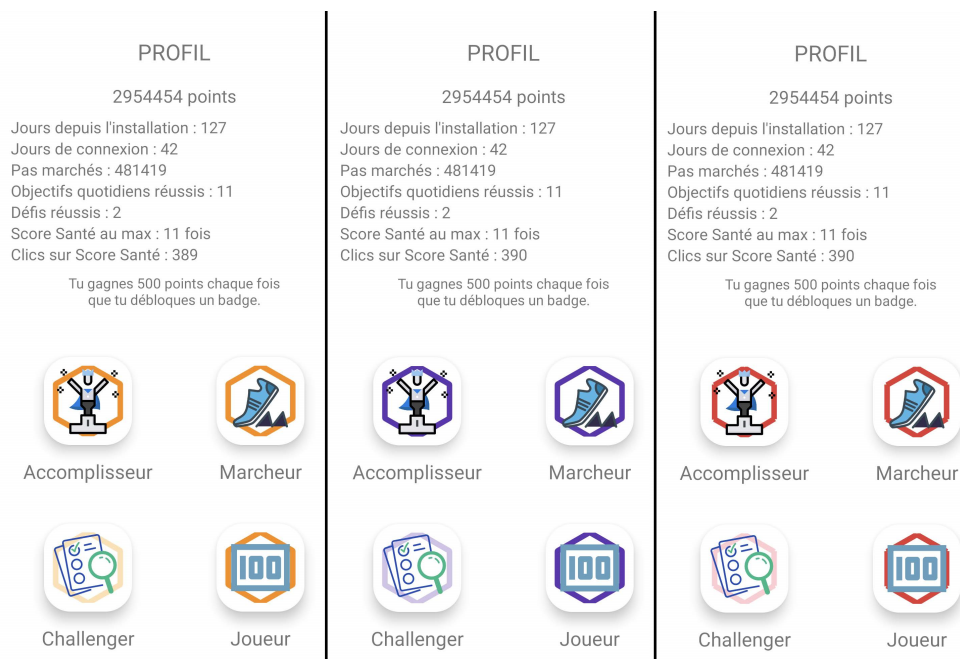


Figure 6.5 – Écran de profil de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.

6.2.2.6. Les mécaniques de ludification

Les mécaniques de PADME rassemblent les éléments de jeu et leur fonctionnement afin de proposer une ludification adaptée à l'utilisateur. Cette section passe en revue les six mécaniques de PADME : les points, l'objectif quotidien, le Score Santé, les défis, les badges et le tutoriel. Nous avons présenté notre démarche quant au choix de ces éléments dans la section 6.2.1.2.

6.2.2.6.1. Les points

Les points sont une manière de quantifier l'implication et l'adhérence de l'utilisateur dans l'application et une récompense pour cette implication [128]. L'acquisition de points est un retour d'information pour l'utilisateur sur ses actions et leurs effets dans le contexte de l'application, ce qui de fait tend à satisfaire le besoin de compétence [128]. Il est possible de gagner des points de plusieurs manières :

- Marcher : un pas vaut un point.
- Réussir des défis : chaque défi représente un nombre de points (voir section sur les défis), ne pas réussir un défi n'a pas de conséquence.
- Réussir des défis en avance : des points bonus sont accordés si le défi est terminé avec du temps restant (voir section sur les défis).
- Ouvrir l'application : 500 points sont octroyés par jour (récompense de connexion).
- Obtenir des badges : 500 points sont octroyés pour chaque niveau de

HISTORIQUE

Date	Nb de pas	Objectif	Score Santé
15 mai 2023	2767	5700	★
16 mai 2023	2901	5700	★
17 mai 2023	7989	5700	★★
18 mai 2023	694	2900	★
19 mai 2023	20224	6600	★★★
20 mai 2023	2034	7000	★
21 mai 2023	4675	7000	★
22 mai 2023	0	6800	★
23 mai 2023	2226	6800	★
24 mai 2023	4749	5500	★
25 mai 2023	2337	5200	★
26 mai 2023	5857	4700	★★

Figure 6.6 – Écran de l'historique de PADME, en version neutre. Nb signifie nombre. Le nombre de pas est écrit en vert lorsqu'il dépasse l'objectif quotidien (par exemple, la ligne du 17 mai 2023).

badge débloqué (voir section sur les badges).

Les points sont toujours affichés dans le profil de l'utilisateur (figure 6.5). Les points non dépensés dans la jauge de Score Santé, et donc disponibles, sont affichés sur l'écran principal de l'application.

6.2.2.6.2. L'objectif quotidien

L'objectif quotidien est l'objectif principal à réaliser dans l'application. Il s'agit d'une quantité en nombre de points calculée par rapport au profil et aux performances passées de l'utilisateur. Sa règle de calcul dépend de la quantité de données disponibles dans l'historique. Cette information est présentée en nombre de points à l'utilisateur, afin de simplifier et d'harmoniser les différents termes au travers de l'application.

Lors du début de l'utilisation de l'application PADME, aucune donnée n'est disponible. Pour les deux premiers jours, un objectif fixe basé sur le niveau initial d'activité physique (mesuré par l'IPAQ [34]) est donné à l'utilisateur :

- pour les niveaux "peu actifs" (IPAQ 1), les objectifs sont de 2000 points et 3000 points;
- pour les niveaux "actifs" (IPAQ 2), les objectifs sont de 5000 points et 6000 points;
- pour les niveaux "très actifs" (IPAQ 3), les objectifs sont de 8000 points et 9000 points.

Ces objectifs fixes sont présents depuis la première implémentation de notre modèle PADME. Après deux jours d'utilisation, le modèle n'a pas encore suffisamment de données pour appliquer l'algorithme du centile [2], qui requiert dix jours de données. Entre trois et dix jours, l'objectif est la moyenne des performances sur les jours disponibles. Par exemple, si les performances des quatre premiers jours sont (en nombre de pas) : 1200, 1600, 800, 2400, la moyenne et donc l'objectif pour le cinquième jour est de 1500 pas.

A partir de dix jours d'utilisation de l'application, l'objectif quotidien est calculé par l'algorithme du centile [2] : il est ainsi adapté aux performances de l'utilisateur sur les dix derniers jours. L'algorithme et notre implémentation sont présentés dans la section 4.2 sur la dimension "adaptation de l'objectif quotidien de marche". Dans les trois modes de calcul, l'objectif est calculé indépendamment de l'atteinte des objectifs des jours en question.

6.2.2.6.3. Le Score Santé

Le Score Santé que nous proposons est une métaphore de notre objectif principal : marcher dans le but d'atteindre un état de motivation et de bien-être. Le Score Santé est une mécanique qui s'inspire de la TAD pour sa mécanique, et de la TOR pour son visuel et sa présentation à l'utilisateur. Le Score Santé existe donc en trois versions (figure 6.7). Il n'est en rien une mesure médicale à proprement parler, mais reflète cependant l'impact positif que

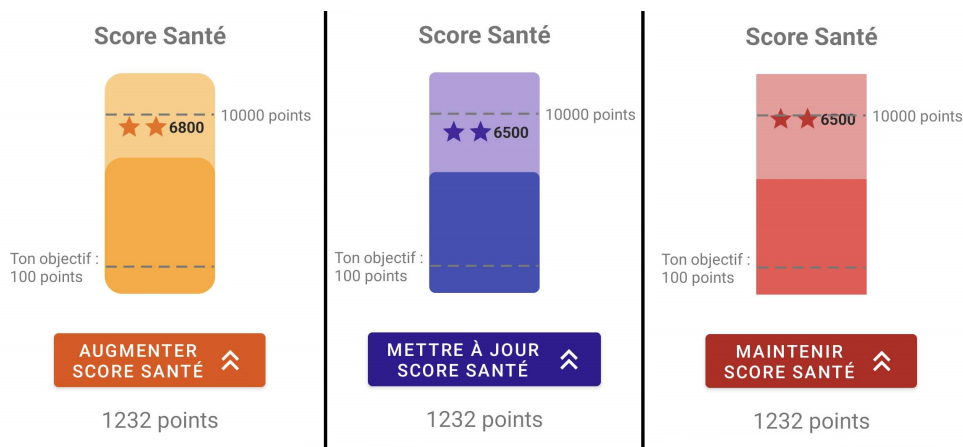


Figure 6.7 – Jauges du Score Santé de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.

peut avoir la marche à pied sur la santé. Cette mécanique s'insère directement dans la narration de l'application, abordée en section 6.2.2.1.

Le Score Santé est composé de :

- la jauge au centre de l'écran principal,
- le nombre de points et d'étoiles dans la jauge,
- le bouton de Score Santé, adapté au profil de l'utilisateur.

La version "promotion", pour les utilisateurs d'OR promotion, est une jauge orange qui augmente lorsque l'utilisateur dépense des points par le biais du bouton "**Augmenter** Score Santé". La version "prévention", pour les utilisateurs d'OR prévention, est une jauge rouge qui diminue au cours du temps, de 8% par heure entre 10h et 22h. A chaque début de journée, elle commence à 100% de nouveau. Le niveau de la jauge augmente lorsque l'utilisateur dépense des points par le bouton "**Maintenir** Score Santé". La version "neutre", pour les utilisateurs d'OR neutre, est une jauge violette qui augmente lorsque l'utilisateur dépense des points par le bouton "**Mettre à jour** Score Santé".

Les trois versions s'adaptent au profil de l'utilisateur, tant par les verbes d'action utilisés (**Maintenir** pour prévention, **Augmenter** pour promotion, **Mettre à jour** pour neutre) que par leur aspect (formes saillantes et couleurs rouges pour prévention, formes arrondies et couleurs oranges pour promotion, formes lissées et couleurs violettes pour neutre [46]).

Dans les trois versions, lorsque la jauge est au-dessus de dix-mille points, sa couleur devient verte. Pour la jauge prévention, dès lors qu'elle descend de nouveau en dessous du seuil de dix-mille points, elle redevient rouge.

6.2.2.6.4. Les défis

Un défi consiste à atteindre un nombre de pas fixé au préalable dans un temps imparti court, entre cinq et vingt-cinq minutes. Les défis contribuent à satisfaire le besoin d'autonomie [60, 67]. En cas de réussite, l'utilisateur obtient des points en plus de ceux rapportés par la marche (nous rappelons que dans PADME, un pas vaut un point). De plus, s'il termine le défi avec de l'avance, un bonus lui est octroyé pour chaque seconde restante. En cas d'échec, rien ne se produit. Les récompenses, y compris sous forme de points, contribuent à la satisfaction du besoin de compétence [143].

Le calcul des points obtenus est réalisé par la formule suivante, obtenue par itérations et simulations successives :

$$P = Nb_{pas} * F + 1.4 * T_r \quad (6.1)$$

Avec :

- P le nombre de points obtenus,
- Nb_{pas} le nombre de pas du défi,
- F le facteur difficulté du défi,
- T_r le temps restant en secondes.

Le tableau 6.2 présente toutes les caractéristiques des défis. Cinq défis sont proposés à l'utilisateur par l'application PADME, allant de cinq minutes à vingt-cinq minutes de temps imparti, et de deux-cent-cinquante pas à mille-deux-cent-cinquante pas. Du point de vue du rythme, tous les défis sont équivalents, avec un rythme moyen pour compléter le défi de cinquante pas par minute. Cependant, parce qu'il est plus difficile de maintenir un certain rythme plus longtemps, le facteur de difficulté du défi augmente avec le temps imparti et le nombre de pas requis. Ainsi, du point de vue du rendement en points par seconde, plus le défi est long, plus il est rentable, et plus l'utilisateur gagne de points.

Temps	Nb de pas	Rythme	Points	Facteur de difficulté	Rendement
5 min	250	50 pas / min	350	1,4	1,17 point / s
10 min	500	50 pas / min	750	1,5	1,25 point / s
15 min	750	50 pas / min	1200	1,6	1,33 point / s
20 min	1000	50 pas / min	1700	1,7	1,42 point / s
25 min	1250	50 pas / min	2250	1,8	1,5 point / s

Tableau 6.2 – Caractéristiques des défis de marche de PADME.

Le choix de ces facteurs est motivé par les stratégies d'action des individus d'OR promotion, qui tendraient à plutôt prendre les défis plus longs, car ils rapportent plus de points, et sont ainsi associés à une situation de gain

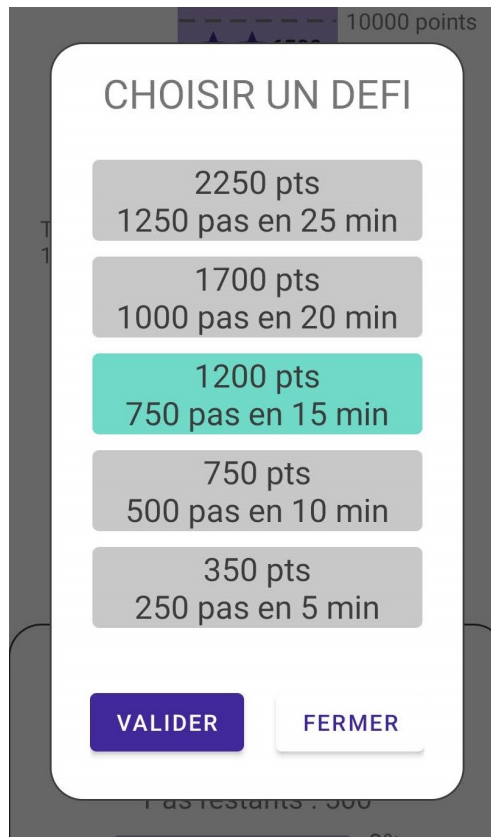


Figure 6.8 – Écran de choix d'un défi. Le défi en turquoise est sélectionné par défaut à l'ouverture de l'écran.

[91, 138], et par les stratégies d'action des individus d'OR prévention, qui tendraient au contraire à prendre les défis plus courts, plus faciles à contrôler et à valider [91, 138], quitte à en faire plusieurs. Les valeurs numériques des facteurs de difficulté furent choisies arbitrairement, avec des contraintes : plus le défi est long, plus le facteur est élevé, pour souligner la difficulté croissante, tout en conservant de faibles écarts entre chaque niveau de défi.

Par exemple, entre le défi de cinq minutes et celui de vingt-cinq minutes, il y a 40% de points en plus, mais le défi de vingt-cinq minutes dure aussi cinq fois plus longtemps.

Dans l'application, lorsque l'utilisateur clique sur le bouton "*Lancer un défi*", les informations de temps, de nombre de pas et de points sont affichées à l'utilisateur, avec le défi médian (15 minutes, 750 pas et 1200 points) sélectionné par défaut (figure 6.8).

Laisser l'utilisateur libre de choisir le défi parmi ceux disponibles, selon son envie ou le temps dont il dispose, renforce la satisfaction de son besoin



Figure 6.9 – Affichage des défis sur l'écran principal. De gauche à droite : version promotion (orange), version neutre (violette), version prévention (rouge).

d'autonomie [131, 143]. Il n'y a pas de limite au nombre de défis réalisables par jour.

L'utilisateur peut suivre le défi accepté directement sur l'écran principal. L'affichage du défi diffère selon la version de l'application (figure 6.9) :

- Pour les versions promotion et neutre, la barre de progression (respectivement en orange et violet) indique le nombre de pas déjà marchés pour le défi. Elle démarre donc à 0 et se remplit jusqu'à 100% ou jusqu'à ce que le temps imparti soit écoulé.
- Pour la version prévention, la barre de progression en rouge indique le temps restant pour faire le défi. Elle démarre donc à 100%, et diminue jusqu'à 0 ou jusqu'à ce que le défi soit accompli.

6.2.2.6.5. Les badges

Description des badges.

Les badges sont des récompenses données à l'utilisateur suite à une action ou une performance précise [64]. Les badges font partie, au même titre que les points, de la stratégie "récompenses" du cadre de conception d'Hallifax [64] présenté plus haut : c'est une forme de reconnaissance de la participation de l'utilisateur. Les badges peuvent ainsi récompenser une performance (par exemple, l'atteinte de l'objectif quotidien de marche), ou une interaction (par exemple, la connexion à l'application), de manière unique (par exemple, la première connexion) ou répétée (par exemple, des paliers de nombre de pas).

Nous avons mis au point un ensemble de quatre badges pour l'application PADME (voir tableau 6.3). Tous les badges sont incrémentaux : leur niveau augmente avec la croissance des données associées. Les paragraphes suivants décrivent le fonctionnement de ces badges.

Les formes et couleurs des badges suivent les mêmes approches que les autres éléments de jeu : formes arrondies et couleurs orangées pour les badges "promotion", formes saillantes et couleurs rouges pour les badges "prévention", formes lissées et couleurs violettes pour les badges "neutre" [46]. Des exemples sont montrés dans le paragraphe sur l'écran de profil (section 6.2.2.4.).

Nom du badge	Description et donnée associée
Accomplisseur	Nombre de fois que l'objectif quotidien a été atteint
Challenger	Nombre de défis réussis
Marcheur	Nombre total de pas
Joueur	Nombre total de points gagnés

Tableau 6.3 – Badges implémentés dans l'application PADME.

Acquisition des badges.

Les badges sont incrémentaux, c'est-à-dire que leur niveau augmente avec les données associées à chacun. Le premier niveau de chaque badge est défini par l'application et par les informations renseignées par l'utilisateur lors de la création du profil. Il est à peu près identique pour tous les utilisateurs : c'est le niveau d'initialisation du badge. Les niveaux suivants sont ensuite calculés dès l'obtention d'un niveau précédent : ainsi, le niveau de badge $N + 1$ est calculé au moment où le niveau N de ce même badge est obtenu, à partir des données liées au badge.

Un comportement similaire se produit pour les autres badges, que nous détaillons dans les paragraphes suivants. Les formules régissant la progression des badges sont identiques pour tous les utilisateurs, mais les données et les coefficients utilisés pour alimenter ces formules garantissent une adaptation de la mécanique des badges à chaque utilisateur.

Badge Marcheur.

Le badge Marcheur suit le nombre total de **pas** faits par l'utilisateur. Le premier palier correspond à l'objectif de marche du premier jour assigné par l'application à la création du profil. Le premier palier du badge dépend donc directement du niveau initial d'activité physique, selon le questionnaire IPAQ :

- Pour les utilisateurs "peu actifs" (IPAQ 1), le palier est à 2000 pas,
- Pour les utilisateurs "actifs" (IPAQ 2), le palier est à 5000 pas,
- Pour les utilisateurs "très actifs" (IPAQ 3), le palier est à 8000 pas.

Les paliers suivants sont calculés par la formule :

$\forall t > 5, \forall n > 1 :$

$$M_n = M_{n-1} + D_M * OR_M * \sum_{i=t}^{t-5} j_i \quad (6.2)$$

$\forall t \leq 5, \forall n > 1 :$

$$M_n = M_{n-1} + D_M * OR_M * \left(\sum_{i=1}^t j_i + \frac{\sum_{i=1}^t j_i}{t} * (5 - t) \right)$$

Avec :

- M_n la valeur du badge de niveau n , $n > 1$,
- M_{n-1} la valeur du badge de niveau $n - 1$,
- t l'indice désignant le jour courant,
- j_i le nombre de pas du jour i ,
- D_M le facteur difficulté lié au niveau IPAQ initial :
 - $D_M(IPAQ1) = 0.3$
 - $D_M(IPAQ2) = 0.4$
 - $D_M(IPAQ3) = 0.5$
- OR_M le facteur orientation régulatrice :
 - $OR_M(promotion) = 1.2$
 - $OR_M(neutre) = 1$
 - $OR_M(prevention) = 0.8$

Le résultat est arrondi à la centaine supérieure pour un affichage plus clair. Le facteur difficulté D_M est une constante liée au niveau initial d'activité physique, lui-même mesuré par le questionnaire IPAQ [34] à la création du profil de l'utilisateur.

Nous pouvons exprimer ce facteur en français par : chaque nouveau niveau du badge Marcheur correspond au nombre de pas du badge précédent ajouté de 30% (respectivement 40% ou 50%) du nombre de pas total des 5 derniers jours d'un utilisateur "peu actif" (respectivement "actif" ou "très actif"). Si moins de 5 jours de données sont disponibles, les jours manquants sont remplacés par la moyenne des jours disponibles multipliée par le nombre de jours manquants (le deuxième terme dans les parenthèses).

Par exemple, pour un utilisateur d'OR promotion ($OR_M = 1.2$), actif ($D_M = 0.4$) et qui totalise trente-mille pas sur les cinq derniers jours, nous obtenons un badge Marcheur :

- De niveau 1 après un total de 5000 pas (initialisation du badge),
- De niveau 2 après un total de 19400 pas,
- De niveau 3 après un total de 33800 pas,
- Et ainsi de suite.

Le facteur d'orientation régulatrice OR_M est une constante liée à l'orientation régulatrice, elle-même mesurée par le questionnaire EORAP [87] à la création du profil de l'utilisateur. Ce facteur ajuste un peu plus l'importance de l'historique de l'utilisateur dans le calcul du niveau suivant de badge. Les individus d'OR promotion étant motivés par le succès, l'avancement et le dépassement de leurs limites, et à l'inverse, les individus d'OR prévention étant plutôt intéressés par la sécurité, la consolidation de leur état [38], il nous a semblé intéressant d'introduire un facteur d'orientation régulatrice qui vient modifier la progression du badge pour tenir compte de ces caractéristiques : les individus d'OR promotion auront ainsi un palier plus élevé là où les indivi-

des d'OR prévention auront un palier plus accessible.

Les concepts de facteur difficulté D et facteur d'orientation régulatrice OR sont également utilisés pour les autres badges, quoique leurs valeurs soient adaptées au contexte de chacun. Aussi, nous présentons seulement leurs nouvelles valeurs, l'explication restant la même.

Badge Accomplisseur.

Le badge Accomplisseur suit le nombre de fois que l'**objectif quotidien** a été atteint. Le premier palier est le même pour tous les utilisateurs : 1 objectif atteint. Les paliers suivants sont régis par la formule :

$$A_n = (n - 1) * D_A * OR_A \quad (6.3)$$

Avec :

- A_n la valeur du badge de niveau n ,
- $n > 1$, entier,
- D_A le facteur difficulté lié au niveau IPAQ initial :
 - $D_A(IPAQ1) = 3$
 - $D_A(IPAQ2) = 5$
 - $D_A(IPAQ3) = 7$
- OR_A le facteur orientation régulatrice :
 - $OR_A(promotion) = 1.2$
 - $OR_A(neutre) = 1$
 - $OR_A(prevention) = 0.8$

Le résultat est arrondi à l'entier supérieur, pour un affichage plus clair. Le principe est donc similaire au badge Marcheur. Par exemple, un utilisateur d'OR promotion et actif aura un badge Accomplisseur :

- De niveau 1 après avoir atteint son objectif 1 fois (initialisation du badge identique pour tous),
- De niveau 2 après avoir atteint son objectif 6 fois,
- De niveau 3 après avoir atteint son objectif 12 fois,
- Et ainsi de suite.

Badge Challenger.

Le badge Challenger suit le **nombre de défis réussis** par l'utilisateur. L'évolution des paliers de ce badge est proportionnelle à celle du badge Accomplisseur, multiplié par trois. Ce choix est justifié par le fait que l'utilisateur peut accomplir autant de défis qu'il le souhaite, contrairement à l'objectif quotidien qui est limité à un seul par jour. La formule d'évolution est donc :

$$C_n = 3 * (n - 1) * D_C * OR_C \quad (6.4)$$

Avec :

- C_n la valeur du badge de palier n , $n > 1$
- D_C le facteur difficulté lié au niveau IPAQ initial :
 - $D_C(IPAQ1) = 3$
 - $D_C(IPAQ2) = 5$
 - $D_C(IPAQ3) = 7$
- OR_A le facteur orientation régulatrice :
 - $OR_C(promotion) = 1.2$
 - $OR_C(neutre) = 1$
 - $OR_C(prvention) = 0.8$

Le premier palier est également identique pour tous les utilisateurs : 1 défi réussi. Nous prenons en exemple le même utilisateur d'OR promotion et actif. Les niveaux de badges Challenger seront obtenus après :

- 1 défi réussi pour le niveau 1 (initialisation du badge),
- 18 défis réussis pour le niveau 2,
- 36 défis réussis pour le niveau 3,
- Et ainsi de suite.

Badge Joueur.

Le badge Joueur suit le **nombre total de points gagnés** par l'utilisateur. Les points étant essentiellement obtenus par la marche, nous avons choisi pour le badge Joueur de suivre la formule d'évolution du badge Marcheur (qui suit le nombre total de pas), en ajustant le facteur de difficulté pour tenir compte notamment des autres sources de points : les défis, les badges et la connexion quotidienne.

La formule d'évolution du badge Joueur est :

$\forall t > 5, \forall n > 1 :$

$$J_n = J_{n-1} + D_J * OR_J * \sum_{i=t}^{t-5} j_i \quad (6.5)$$

$\forall t \leq 5, \forall n > 1 :$

$$J_n = J_{n-1} + D_J * OR_J * \left(\sum_{i=1}^t j_i + \frac{\sum_{i=1}^t j_i}{t} * (5 - t) \right)$$

Avec :

- J_n la valeur du badge de niveau n , $n > 1$,
- J_{n-1} la valeur du badge de niveau $n - 1$,
- t l'indice désignant le jour courant,
- j_i le nombre de pas du jour i
- D_J le facteur difficulté lié au niveau IPAQ initial :
 - $D_J(IPAQ1) = 0.6$
 - $D_J(IPAQ2) = 0.7$
 - $D_J(IPAQ3) = 0.8$
- OR_J le facteur orientation régulatrice :
 - $OR_J(promotion) = 1.2$
 - $OR_J(neutre) = 1$
 - $OR_J(prvention) = 0.8$

Le premier niveau du badge est le même que pour le badge Marcheur, et dépend directement du niveau initial d'activité physique, selon le questionnaire IPAQ :

- les utilisateurs "peu actifs" ont un palier de 2000 points,
- les utilisateurs "actifs" ont un palier de 5000 points,
- les utilisateurs "très actifs" ont un palier de 8000 points.

Un exemple d'illustration.

Pour illustrer le fonctionnement des badges, nous considérons l'historique de marche de cinq jours suivant (tableau 6.4).

Activité de l'utilisateur	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5	Total	Moyenne par jour
Peu actif	1200	1500	2200	2500	1900	9300	1860
Actif	4800	4900	5100	4500	5300	24600	4920
Très actif	7500	7400	7900	8100	8500	39400	7880

Tableau 6.4 – Exemple d'un historique de cinq jours pour trois types d'activité d'utilisateurs.

Pour le badge Marcheur, qui suit le total des pas effectués par un utilisateur, les trois premiers paliers du badge sont donnés par le tableau 6.5.

Niveau	Neutre			Promotion			Prévention		
	Peu actif	Actif	Très actif	Peu actif	Actif	Très actif	Peu actif	Actif	Très actif
1	2000	5000	8000	2000	5000	8000	2000	5000	8000
2	4800	14900	27700	5400	16900	31700	4300	12900	23800
3	7600	24800	47400	8800	28800	55400	6600	20800	39600

Tableau 6.5 – Évolution des trois premiers niveaux du badge Marcheur, pour l'historique donné en exemple dans le tableau 6.4.

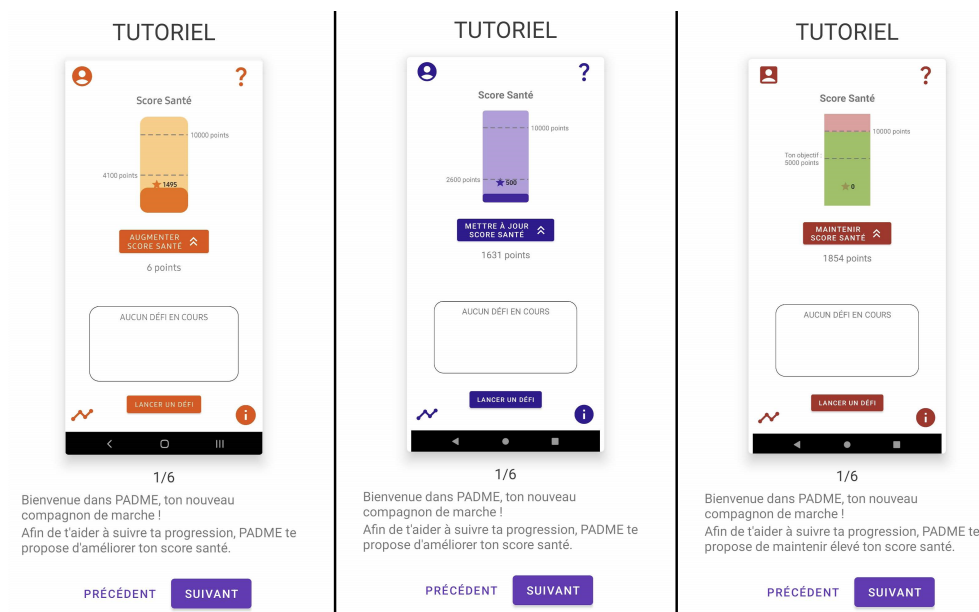


Figure 6.10 – Première page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.

6.2.2.6.6. Le tutoriel

Un tutoriel est un anglicisme qui désigne un guide d'apprentissage, expliquant étape par étape le fonctionnement d'un matériel, d'un logiciel ou d'une activité (Le Robert en ligne 2023¹, Office Québécois de la Langue Française 2016²).

Dans l'application PADME, le tutoriel s'affiche une première fois à la fin de la création du profil, puis à chaque clic sur le bouton "point d'interrogation" de l'écran principal (icône du coin supérieur droit). Le tutoriel s'adapte à l'OR de l'utilisateur, adaptant notamment la présentation et le fonctionnement de la jauge de Score Santé.

Le tutoriel est composé de six pages, passant en revue les fonctions élémentaires de l'application.

Page une.

La première page présente l'écran principal et l'objectif principal de l'application : améliorer le score santé de l'utilisateur (figure 6.10).

Page deux.

La deuxième page présente l'objectif quotidien en points et la mécanique de dépense des points dans la jauge de Score Santé (figure 6.11).

1. <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/tutoriel>

2. <https://vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/8871107/tutoriel>

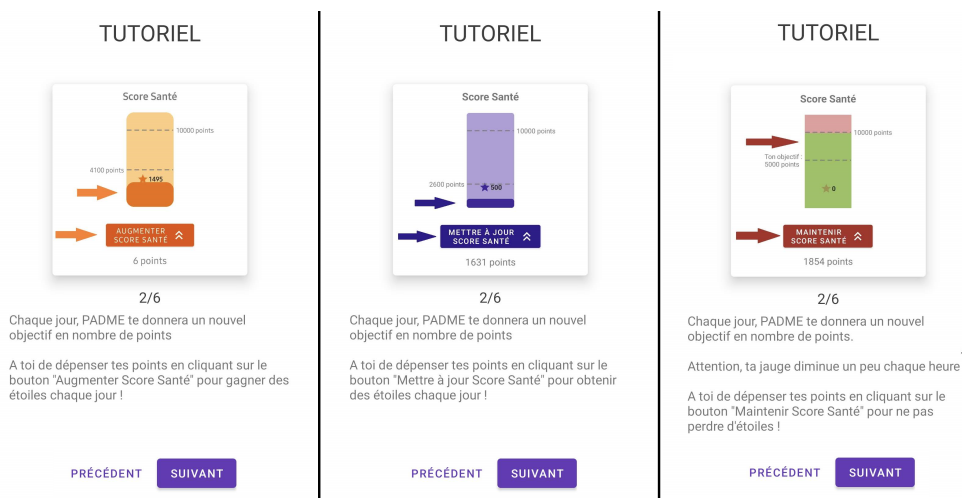


Figure 6.11 – Deuxième page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.

Page trois.

La troisième page explique le fonctionnement des étoiles, qui est différent selon l'OR de l'utilisateur (figure 6.12).

Page quatre.

La quatrième page introduit la source principale de points : la marche (figure 6.13).

Page cinq.

La cinquième page présente succinctement les défis, le bonus en points qu'ils procurent, et une suggestion d'activité (figure 6.14).

Page six.

La sixième et dernière page montre de nouveau l'écran principal, ainsi que la signification des quatre icônes périphériques (figure 6.15).

6.2.2.6.7. Les notifications

Les notifications de PADME furent essentiellement utilisées afin d'informer l'utilisateur de son avancée dans les différentes activités permises par l'application. En particulier, une notification était lancée à l'utilisateur lorsque :

- l'objectif quotidien était atteint,
- la jauge de Score Santé atteignait son maximum (dix-mille points),
- un badge était débloqué.

Une notification était également générée à chaque démarrage du téléphone mobile pour s'assurer que l'utilisateur ouvre l'application. Les notifications ne furent pas l'objet d'une adaptation et furent donc identiques pour tous les utilisateurs.

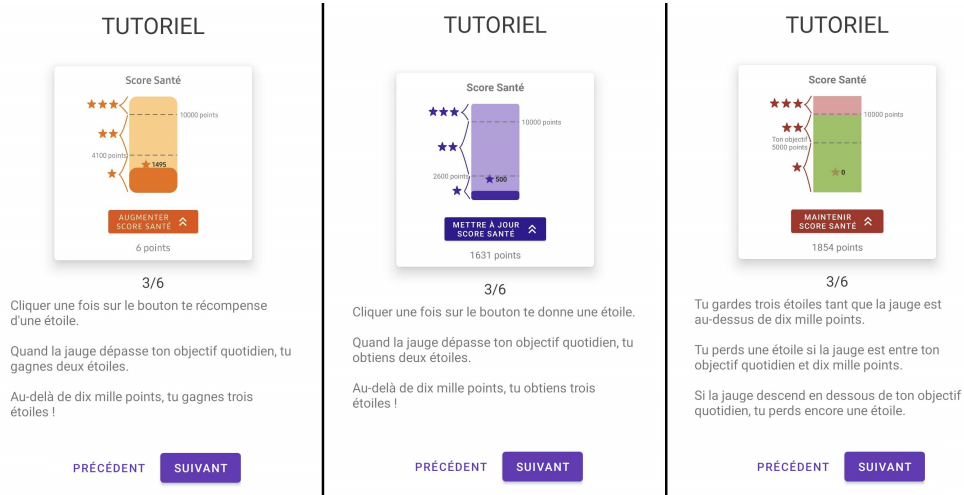


Figure 6.12 – Troisième page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.

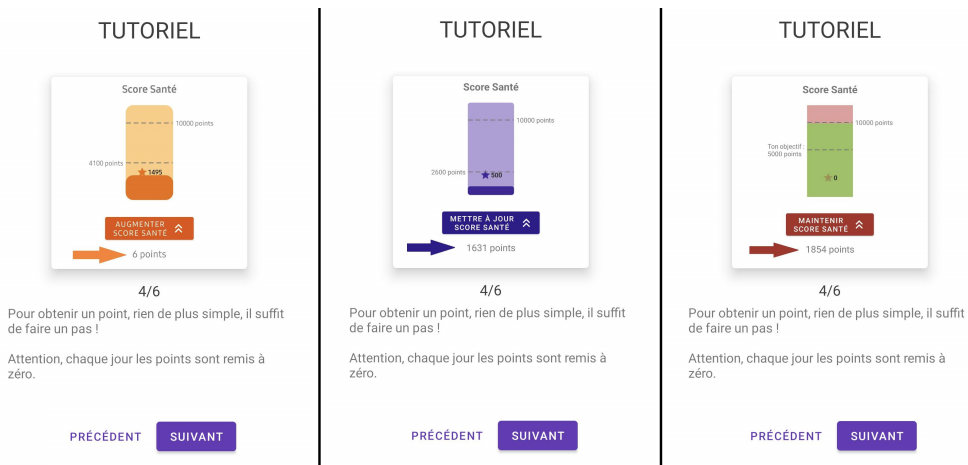


Figure 6.13 – Quatrième page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.

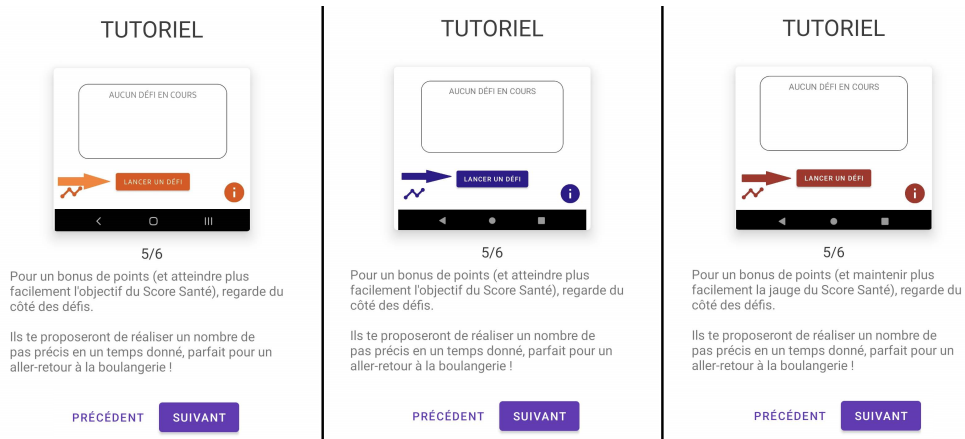


Figure 6.14 – Cinquième page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.

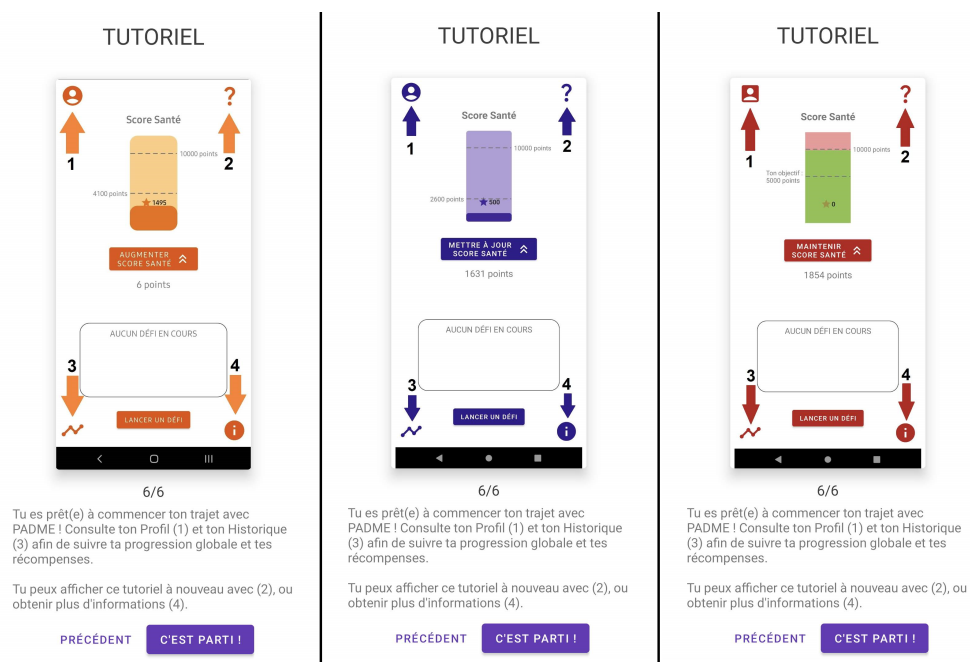


Figure 6.15 – Sixième page du tutoriel de PADME. De gauche à droite : version promotion, version neutre, version prévention.

6.2.3. Résumé de la dimension "adaptation de la ludification"

Dans cette section, nous avons présenté la conception de la dimension d'adaptation de la ludification de la marche dans notre modèle PADME, ainsi que son implémentation dans notre application Android. L'adaptation de la ludification poursuit notre objectif principal : proposer des interactions motivationnelles personnalisées à l'utilisateur, pour la motivation à la marche.

Nous avons conçu cette dimension d'adaptation de la ludification avec le but d'utiliser l'OR des utilisateurs pour personnaliser des interactions ludifiées. En nous appuyant sur le cadre de travail de Hallifax [64], nous avons présenté un ensemble d'éléments de jeu adaptés à notre sujet, la marche à pied, et pour lesquels l'introduction de la TOR semblait réalisable (tableau 6.6).

Éléments de jeu	Orientation Régulatrice			
	Promotion	Prévention	Neutre	
Récompenses	Points	Format numérique, montant variable selon l'activité réalisée.		
	Badges	Incrémentaux, suivant différentes données (par exemple, le nombre de pas, les défis réussis). Le graphisme des paliers des badges s'adapte aux différents profils.		
Buts	Externes	Couleurs orangées, formes lisses, description orientée promotion	Couleurs rougeâtres, formes saillantes, description orientée prévention	Couleurs mauves, formes lisses, description neutre
	Choisis	Objectif quotidien en points à "atteindre"	Objectif quotidien en points à "maintenir"	Objectif quotidien en nombre de points
Temps	Planifié Limité	Défis centrés sur l'atteinte d'un nombre de pas	Défis centrés sur le temps imparti et le nombre de pas restants	Défis centrés sur le temps imparti et l'atteinte d'un nombre de pas
		Récompense de connexion à l'application Le temps imparti dans un défi		
Progression	Tâche	Compteur de points, jauge croissante	Compteur de points, jauge décroissante	Compteur de points, jauge croissante

Tableau 6.6 – Éléments de jeu liant la TOR à la ludification pour PADME, d'après le cadre de travail de Hallifax [64].

Dans notre modèle PADME, la ludification est adaptée à l'OR des utilisateurs d'un point de vue esthétique et mécanique. Esthétique tout d'abord, en appliquant des teintes orangées et des formes arrondies aux profils promotion, des teintes rougeâtres et des formes saillantes aux profils prévention [46], et des teintes violettes aux formes peu arrondies aux profils neutres. L'adaptation esthétique à l'OR se manifeste dans les icônes, les boutons, et les éléments de jeu tels que les défis, l'aspect graphique de la jauge de score santé, les badges ou encore le tutoriel.

L'adaptation de la ludification porte aussi sur les mécaniques de jeu, par une combinaison de la TAD et de la TOR sur certains éléments. Le Score Santé évolue différemment pour les profils promotion et prévention : le niveau de

la jauge diminue constamment pendant la journée pour un profil prévention, tandis qu'elle ne peut qu'augmenter pour un profil promotion. Les défis sont un élément de jeu qui prend son inspiration des deux théories : d'une part ils satisfont le besoin d'autonomie des utilisateurs [60, 67]; d'autre part, ils se présentent sous une forme différente selon l'OR des utilisateurs : une forme axée sur le temps restant avant l'échec pour les profils prévention, et une forme axée sur l'avancée dans le défi pour les profils promotion.

Dans la section suivante, nous présentons l'étude que nous avons conduite pour évaluer cette dimension d'adaptation de notre modèle.

6.3. Etude n°3 : Ludification pour la motivation à la marche

6.3.1. Contexte et intérêt de l'étude

L'état de l'art de la ludification (section 6.1), en particulier appliquée à la marche à pied, a révélé deux aspects importants pour nos travaux : l'utilisation de la TAD comme base théorique reconnue et efficace pour motiver à marcher, et l'absence, à ce jour, de travaux utilisant la TOR pour adapter et personnaliser les interventions de marche, malgré les aspects positifs qu'elle pourrait apporter, notamment lorsqu'il y a adéquation [25, 97, 124]. Nous avons ensuite décrit la dimension "adaptation de la ludification" de notre modèle PADME dans la section 6.2 en expliquant la contribution originale de la TOR aux éléments de jeu de l'application, et dans quelles mesures la TAD s'exprime dans notre implémentation. Nous proposons à présent une troisième étude pour évaluer cette dimension de notre modèle.

6.3.2. Hypothèses

La principale contribution de l'ajout de la ludification à notre modèle PADME réside dans la prise en compte du profil de l'utilisateur, en particulier de son OR, pour personnaliser la ludification. L'objectif principal de cette étude est alors d'évaluer l'impact de cette personnalisation de la ludification sur les performances de marche des utilisateurs et sur leur motivation à la marche, ainsi que d'étudier le caractère persuasif de l'application.

La littérature montre que les effets positifs de la ludification sont plus importants sur la mesure du nombre de pas, et que ces effets sont indépendants des caractéristiques inter-individuelles [102, 108]. Cependant, la TOR n'est pas mentionnée comme fondation théorique dans ces études, et elle ne l'est pas non plus dans des méta-analyses plus récentes telles que celle sur les bases théoriques de la ludification [85] ou celle sur la personnalisation dans des interventions de changement de comportement [9].

Nous formulons donc l'hypothèse que les éléments de jeu adaptés à l'OR des utilisateurs permettent une meilleure motivation à la marche que des éléments de jeu sans adaptation. Cette hypothèse se décline en sous-hypothèses selon les différents aspects et fonctions de l'application. La version adaptée de l'application devrait voir une progression plus importante :

- (H1) du score d'activité physique et des mesures de performances des utilisateurs, telles que le nombre de pas ;
- (H2) des types de motivation autonome (intrinsèque, intégrée, identifiée) avec un recul des types de motivation contrôlée (introjectée, régulation externe) ainsi que de l'amotivation ;
- (H3) de l'utilisation des interactions adaptées, telles que la jauge de score santé et les défis ;
- (H4) de la perception du caractère persuasif de l'application, notamment en ce qui concerne le soutien à la tâche principale, l'influence sur les utilisateurs, l'efficacité perçue de l'application, et son adoption.

6.3.3. Méthode

6.3.3.1. Participants

Quarante-trois adultes ont participé à cette étude. Les participants ont été recrutés par des listes de diffusion par courriel, par les réseaux sociaux, et par du recrutement direct, c'est-à-dire sur la voie publique. Quelques participants ayant participé à la première étude se sont de nouveau portés volontaires pour celle-ci : ils furent donc inclus à l'étude, nos trois études étant indépendantes les unes des autres. Pour pouvoir participer à l'étude, les participants devaient être majeurs, comprendre le français écrit, ne pas avoir de contre-indication à l'activité physique et posséder un téléphone Android.

A la fin de l'évaluation, 37 participants (20-83 ans, moyenne de 36 ans) ont terminé l'intervention de 4 semaines. Six participants furent exclus des résultats pour cause d'abandon ou de problèmes techniques pendant l'étude. Six participants n'ont pas rempli le questionnaire de fin d'étude : 1 en condition adaptée et 5 en condition contrôle. Les 6 participants étaient d'OR promotion.

6.3.3.2. Mesures

6.3.3.2.1. Données de questionnaire

Des études précédentes, nous avons conservé les questionnaires IPAQ, EMAPS, EORAP et PPQ [20, 34, 77, 87]. A la fin de l'intervention, les participants ont également rempli le questionnaire Hexad [137] dont une présentation est faite dans l'état de l'art, section 6.1.1.3. "Typologies d'utilisateurs".

Nous avons également conçu un questionnaire pour évaluer, à l'issue de l'intervention, les éléments de jeu utilisés dans notre application PADME. La question posée était : "*Comment trouvez-vous chaque élément de jeu?*". Pour

répondre, les participants devaient utiliser une échelle de Likert à 10 points, allant de 1 "*Pas du tout motivant*" à 10 "*Tout à fait motivant*". Les items suivants étaient évalués :

- Le système de points en général,
- Les défis en général,
- La récompense des défis,
- Les bonus de points des défis,
- Les durées proposées des défis,
- Les objectifs de pas proposés des défis,
- Le score santé en général,
- La jauge du score santé,
- Le fonctionnement de la jauge de score santé,
- Les badges en général,
- La récompense des badges,
- Le système de progression des badges.

6.3.3.2. Données des fonctions de l'application

Plusieurs données liées à l'utilisation de l'application et aux interactions humain-machine sont également collectées :

- Les nombres totaux : de pas, d'objectifs quotidiens réussis, d'objectifs ludifiés réussis, de jours de connexion à l'application, de défis réussis, de défis échoués et de clics sur la jauge;
- Les quantités hebdomadaires : de nombre de pas, d'objectifs cumulés, de points investis dans la jauge, d'évolution en nombre de pas (différences entre deux jours, sommées à la semaine), d'écarts à l'objectif en nombre de pas, d'écarts à l'objectif en pourcentage, de défis réussis et de défis échoués;
- Les niveaux, valeurs courantes et seuils de chacun des quatre badges.

Le questionnaire quotidien et le commentaire libre n'ayant pas été très utilisés dans les précédentes études, nous avons choisi de simplifier l'application et les avons supprimés.

6.3.3.3. Conditions expérimentales

Les participants ont été répartis de manière équilibrée entre deux conditions expérimentales (figure 6.16), avec la même durée d'intervention (un mois, à partir de la date de début du participant).

Dans la condition **contrôle**, la ludification de l'application n'est pas adaptée à l'OR de l'utilisateur : les couleurs sont les couleurs par défaut des applications Android, sur des teintes de violet et de mauve. La jauge de score santé comporte l'indication "Mettre à jour", et ne peut que croître pendant la journée. Enfin, dans le calcul des badges et de leurs évolutions, le facteur "OR" n'est pas pris en compte.

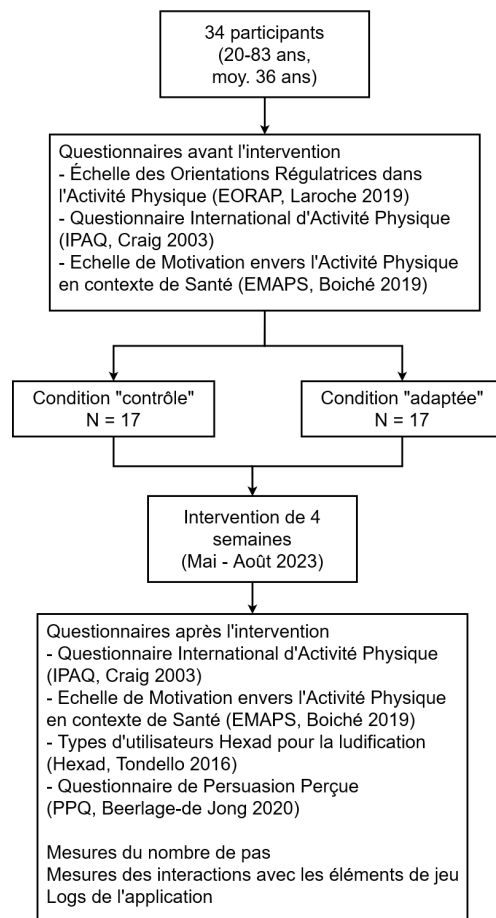


Figure 6.16 – Schéma expérimental de l'étude "Adaptation de la Ludification de la marche".

Dans la condition **adaptée**, la ludification de l'application s'adapte à l'OR de l'utilisateur. Pour les utilisateurs d'OR promotion, l'application prend des teintes orangées et des contours lisses, auxquels les individus d'OR promotion semblent plus sensibles [46]. La jauge de score santé comporte l'indication "Améliorer Score Santé", pour évoquer l'idée d'avancement et d'atteinte d'un état de santé désiré [138]. Pour les utilisateurs d'OR prévention, l'application a des teintes rouges et des contours saillants [46]. La jauge de score santé diminue au cours du temps et comporte l'indication "Maintenir Score Santé", pour inciter l'utilisateur d'OR prévention à éviter la situation de jauge vide, métaphore d'un état de santé à risque [91, 124].

6.3.3.4. Protocole

Tous les documents mentionnés dans cette section sont disponibles en annexe. Avant le démarrage de l'étude, tous les participants ont signé une notice d'informations et de consentement éclairé. Un lien pour télécharger et installer l'application sur leur téléphone leur a ensuite été envoyé.

Lors de la première connexion à l'application, les utilisateurs doivent accepter de partager les données de marche de leur compte Google Fit avec PADME pour que celle-ci puisse suivre leur marche quotidienne. PADME sauvegarde alors régulièrement les données de marche des utilisateurs.

La création du profil est identique à l'étude précédente (niveau d'activité physique de départ par IPAQ, motivation pour l'activité physique par EMAPS, orientation régulatrice par EORAP). Un identifiant de participant est également généré de manière aléatoire par l'application, sans que l'expérimentateur n'en ait connaissance, garantissant ainsi l'anonymisation complète de l'étude pour le participant. L'identifiant est utilisé par le serveur web et la base de données pour identifier les données et les relier entre elles. Le serveur web communique alors à l'application la condition expérimentale de l'utilisateur, en respectant une répartition équilibrée entre les groupes, selon le compte courant dans la base de données. Par exemple, s'il y a actuellement dans la base de données, 15 participants dans la condition contrôle et 14 participants dans la condition adaptée, l'utilisateur suivant sera en condition adaptée.

A la fin de la création du profil, un tutoriel adapté à l'OR de l'utilisateur démarre automatiquement, afin de présenter l'application, ses interactions et ce qui est attendu du participant. L'intervention de marche démarre dès la fin du tutoriel. Chaque matin, l'application PADME fixe un nouvel objectif quotidien à atteindre en nombre de points, et l'affiche sur la jauge de score santé.

Le participant est libre de réaliser l'objectif quotidien (s'il le souhaite) aux moments de la journée qui lui conviennent. Pour l'aider dans cette tâche, il

peut réaliser des défis de marche, en temps limité, qui récompensent des points bonus s'ils sont accomplis dans le temps imparti. Il n'y a pas de malus en cas d'échec d'un défi. Les données suivies et collectées pendant la durée de l'expérimentation sont envoyées à intervalles réguliers (plusieurs fois par jour) dans une base de données sur un serveur sécurisé.

Les participants devaient porter leur téléphone sur eux lors des déplacements à pied. Aucun autre dispositif de suivi ou de mesure des pas n'a été utilisé. L'application PADME, implémentant le modèle du même nom présenté précédemment, a été le support des mesures réalisées pendant cette évaluation.

A l'issue de l'intervention, les participants ont été invités à répondre à nouveau à une série de questionnaires afin de mesurer leur niveau d'activité physique rapporté, leur niveau de motivation pour l'activité physique, la persuasion perçue de l'application et leur type d'utilisateur.

L'intervention a duré 4 semaines. Vingt-huit jours ont été retenus pour les analyses. Dans la suite, les semaines sont évoquées par la notation T1 pour la semaine 1, et ainsi de suite jusqu'à T4. Chaque participant a suivi l'intervention sur son propre téléphone. La période de l'étude s'est étendue de mai à août 2023.

6.3.4. Premiers résultats

Dans cette étude, l'hypothèse principale est que la ludification adaptée à l'OR des utilisateurs suscite de la motivation à la marche et de fait des performances plus importantes en termes de nombre de pas, et d'utilisation de l'application et de ses fonctions par rapport à la version non adaptée de l'application.

Nous avons fait des analyses avec le logiciel JASP en version 0.17.2.1. Nous présentons dans cette partie tout d'abord les résultats d'analyses sur les réponses aux questionnaires, puis les analyses sur les données des fonctions de l'application, mesurées par le biais du téléphone. Pour les notations temporelles, nous reprenons celles des précédentes études : les semaines sont désignées par T1, T2, T3 et T4. Pour les mesures avant / après l'étude, seules T1 et T4 sont utilisées.

Nous présentons ici seulement les résultats significatifs. L'ensemble des analyses effectuées sont disponibles en annexe.

6.3.4.1. Statistiques descriptives

Orientation régulatrice.

Parmi les 37 participants, nous comptons 14 participants d'OR prévention, 20 participants d'OR promotion, et 3 participants d'OR neutre, c'est-à-dire pour

lesquels les scores promotion et prévention étaient identiques (détail des scores dans le tableau 6.7 ci-dessous).

Tableau 6.7 – Détail des scores promotion et prévention des participants de l'étude 3, avec l'OR retenue, pour chaque participant.

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
136949	14	18	prévention
205170	13	16	prévention
206280	14	12	promotion
212769	12	6	promotion
217878	9	12	prévention
244066	15	8	promotion
251113	11	12	prévention
305519	13	17	prévention
342066	10	14	prévention
372157	7	12	prévention
424709	9	12	prévention
446497	9	12	prévention
450720	14	9	promotion
514771	11	8	promotion
516373	16	10	promotion
523634	10	15	prévention
531269	12	13	prévention
568055	18	18	neutre
579871	13	7	promotion
615504	13	7	promotion
618232	13	13	neutre
622284	14	10	promotion
667666	12	11	promotion
704232	13	11	promotion
795523	12	16	prévention
812198	14	11	promotion
837514	16	10	promotion
852607	15	10	promotion
877672	13	6	promotion
899070	3	18	prévention
906133	8	18	prévention

Suite page suivante

Tableau 6.7 – suite de la page précédente

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
918056	12	10	promotion
921670	3	3	neutre
923159	12	9	promotion
948556	15	12	promotion
957001	12	11	promotion
992296	12	4	promotion

L'application dans sa version neutre est la même dans les deux conditions contrôle et adaptée. Nous avons donc choisi d'exclure les 3 participants d'OR neutre de nos analyses, ce qui ramène le nombre de participants à 34.

Malgré le nombre restreint de personnes ayant terminé l'étude (34 personnes), nous essayons quand même de faire des analyses et de comparer les conditions entre elles. Aussi, les résultats et leurs interprétations sont à relativiser au regard de ce nombre.

Répartition dans les conditions.

Les 34 participants sont répartis à nombre égal dans les deux conditions : 17 participants par condition. La répartition selon la condition et l'OR est résumée dans le tableau 6.8 ci-dessous.

Répartition	Condition Adaptée	Condition Contrôle	Total
OR Promotion	9	11	20
OR Prévention	8	6	14
Total	17	17	34

Tableau 6.8 – Répartition des participants dans les conditions expérimentales et selon leur OR.

Connexion à l'application.

Les participants de condition adaptée se sont connectés à l'application en moyenne 17.9 jours sur 30 (SD = 8.3 jours). Les participants de condition contrôle se sont connectés en moyenne 16.2 jours sur 30 (SD = 10.5 jours). Pour les 34 participants, la moyenne de jours de connexion est de 17 jours, et la médiane est de 15.5 jours.

Score d'activité physique.

Les participants de condition adaptée ont un score moyen de 7437 points (SD = 13191) en début d'étude, les participants de condition contrôle ayant un score moyen de 1989 points (SD = 1591).

Score d'AP	Condition Adaptée	Condition Contrôle
Avant (T1)	7437	1989
Après (T4)	4451	3036

Tableau 6.9 – Score d'AP avant et après l'étude 3, selon la condition.

En fin d'étude, les participants de condition adaptée ont un score moyen de 4451 points (SD = 4697), leurs pairs de condition contrôle un score moyen de 3036 points (SD = 2099).

6.3.4.2. Analyses effectuées

Pour toutes les ANOVAs, nous utilisons ω^2 comme mesure de la taille d'effet, car plus approprié pour de faibles échantillons [58], ainsi que la puissance statistique de chaque résultat, calculée a posteriori avec le logiciel G*Power.

ANOVAs multi-facteurs à mesures répétées.

Nous avons réalisé plusieurs ANOVAs multi-facteurs à mesures répétées avec à chaque fois la condition expérimentale (adaptée ou contrôle) et l'OR (promotion ou prévention) en facteurs inter-sujets et pour mesures répétées, le temps, au format hebdomadaire (T1 à T4) ou au format avant/après (T1 et T4). Les variables dépendantes pour lesquelles un effet a été rapporté sont :

- La motivation intrinsèque,
- L'amotivation,
- La progression en nombre de pas.

Pour ces trois ANOVAs à mesures répétées, le test de normalité de Levene était non significatif, indiquant la possible poursuite des analyses. Seule l'ANOVA sur la progression en nombre de pas nécessitait de faire le test de sphéricité de Mauchly, et il était significatif, avec $\epsilon < 0.75$: nous avons donc appliqué la correction de Greenhouse-Geisser.

ANOVAs multi-facteurs.

Nous avons également réalisé des ANOVAs multi-facteurs simples, avec la condition et l'OR en facteurs inter-sujets. Les variables ayant un effet significatif sont les suivantes :

- Le construit "soutien à la tâche principale" du PPQ,
- Le construit "persuasion perçue" du PPQ,
- Le construit "efficacité perçue" du PPQ,
- Le score final du questionnaire sur les éléments de jeu de PADME.

Pour ces quatre ANOVAs, le test de normalité de Levene était non significatif, indiquant la possible poursuite des analyses.

6.3.4.3. Réponses aux questionnaires

Analyses préliminaires avant l'étude (à T1).

Motivation. Les tests indépendants de Student sur les types de motivation avant l'étude (à T1) sont non significatifs, excepté pour l'amotivation. Le test de normalité de Shapiro-Wilk étant significatif pour cette variable, nous appliquons le test de Mann-Whitney à la place, et le résultat est significatif, avec $U = 201.5$ et $p = 0.036$. Les participants de condition adaptée révèlent une amotivation plus importante ($M = 5.118$, $SD = 2.369$) en début d'étude que leurs pairs de condition contrôle ($M = 3.647$, $SD = 1.169$). Malgré ce résultat, les deux conditions ont un niveau d'amotivation faible, cette variable s'exprimant dans un intervalle de 3 (faible amotivation) à 21 (forte amotivation).

Score d'activité physique. Nous constatons des écarts importants de score d'activité physique entre les conditions à T1. Malgré ces écarts importants, le test de Student ne révèle que des effets tendanciels liés à la condition expérimentale ($t(32) = 1.691$, $p = 0.101$) et à l'orientation régulatrice ($t(32) = 1.852$, $p = 0.073$).

Motivation intrinsèque.

La motivation intrinsèque est le type de motivation le plus autonome, qui consiste à réaliser une activité, en l'occurrence la marche, pour le plaisir qu'elle procure. La variable "motivation intrinsèque" s'exprime dans un intervalle de 3 (faible) à 21 (forte).

Il existe un effet principal significatif du temps, avec un effet faible : $F(1,24) = 8.374$, $p = 0.008$, $\omega^2 = 0.02$. Cela est confirmé par la correction post-hoc de Holm : $t(1) = 2.894$, d de Cohen = 0.288, $p = 0.008$. La motivation intrinsèque de tous les participants est plus faible à l'issue de l'étude.

Il y a également une interaction significative entre le temps et la condition, avec un effet faible, suggérant que la baisse de motivation intrinsèque au cours du temps est impactée par la condition des participants : $F(1,24) = 5.749$, $p = 0.025$, $\omega^2 = 0.013$. Les effets principaux simples montrent qu'effectivement, la motivation intrinsèque des participants de condition contrôle est significativement plus faible à l'issue de l'étude ($F(1,24) = 13.091$, $p = 0.007$) que ceux de condition adaptée ($F(1,24) = 0.137$, $p = 0.717$).

Motivation intrinsèque	Condition Adaptée	Condition Contrôle
Avant (T1)	15.706	16.000
Après (T4)	15.688	13.917

Tableau 6.10 – Motivation intrinsèque avant et après l'étude 3, selon la condition et l'OR.

La motivation intrinsèque est effectivement plus basse à la fin de l'étude pour tous les participants, en particulier dans la condition contrôle où cette baisse est significative (tableau 6.10 ci-dessus). Ce résultat va à l'encontre de notre hypothèse H2.

Amotivation.

L'amotivation est l'absence de motivation. Elle se situe à l'autre bout du continuum de la motivation. La variable "amotivation" s'exprime dans un intervalle de 3 (faible) à 21 (forte).

Il existe un effet principal de la condition avec un effet moyen : $F(1,24) = 5.526$, $p = 0.027$, $\omega^2 = 0.083$, confirmé par la correction post-hoc de Holm avec $t(1) = 2.351$, d de Cohen = 0.671, $p = 0.027$. Le niveau d'amotivation est bien plus faible chez les participants de condition contrôle. La baisse observée au cours du temps chez tous les participants n'est pas suffisamment importante pour être significative ($F(1,24) = 1.996$, $p = 0.171$, $\omega^2 = 0.017$), même si son recul est en soi une évolution positive, et que cette baisse semble plus importante en condition adaptée, ce qui tend à aller dans le sens de l'hypothèse H2, sans toutefois pouvoir conclure dessus.

Amotivation	Condition A	Condition C
Avant (T1)	5.118	3.647
Après (T4)	4.313	3.333

Tableau 6.11 – Niveau d'amotivation avant et après l'étude 3, selon la condition.

Le niveau d'amotivation plus faible dans la condition contrôle est à relativiser : les participants de cette condition avaient déjà un niveau significativement plus faible au début de l'étude (voir tableau 6.11 ci-dessus).

Soutien de la tâche principale (TASK).

Ce construit mesure sur une échelle de 1 (faible) à 7 (forte) le soutien que l'application PADME apporte à la réalisation de la tâche "marche".

Il y a une interaction entre la condition et l'OR avec un effet fort : $F(1,24) = 5.953$, $p = 0.022$, $\omega^2 = 0.149$. Les principaux effets simples révèlent des effets croisés (figure 6.17) :

- Considérant les différences de score entre les OR, c'est dans la condition contrôle qu'elles sont les plus saillantes, avec $F(1,24) = 7.329$ et $p = 0.012$.
- Considérant les différences de score entre les conditions, c'est dans l'OR promotion qu'elles sont les plus importantes, avec $F(1,24) = 4.901$ et $p = 0.037$.

Soutien à la tâche principale

selon la condition expérimentale et l'OR

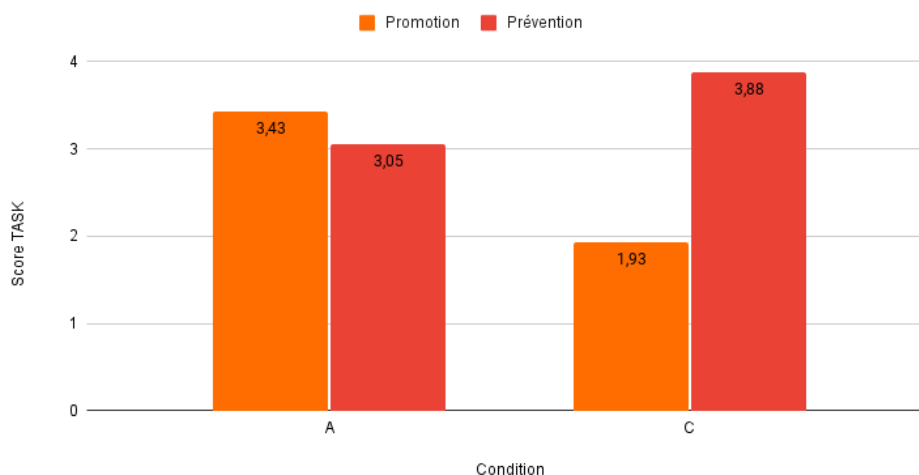


Figure 6.17 – Notes moyennes du construit TASK du PPQ, selon la condition et l'OR des participants.

En d'autres termes, les participants d'OR promotion en condition contrôle se sentent moins aidés pour la marche par l'application que les autres participants. Ces résultats tendent à valider l'hypothèse H4 pour les participants d'OR promotion : en condition adaptée, ces derniers se sentent effectivement plus soutenus par l'application pour la tâche de marche.

Persuasion perçue (PERS).

Ce construit mesure sur une échelle de 1 (faible) à 7 (forte) l'influence de l'application PADME sur les individus.

Il y a une interaction entre la condition et l'OR, avec un effet moyen : $F(1,24) = 4.269$, $p = 0.05$, $\omega^2 = 0.107$. Les effets principaux simples montrent que la différence de score entre les OR se manifeste uniquement en condition contrôle, avec $F(1,24) = 5.039$ et $p = 0.034$. En condition contrôle, les participants d'OR promotion considèrent que l'application a une influence moindre ($M = 3.05$, $SD = 1.253$) que leurs pairs d'OR prévention ($M = 4.717$, $SD = 1.093$). En condition adaptée, tous les participants ont une appréciation similaire de l'influence de l'application ($M = 4.006$, $SD = 1.326$).

Efficacité perçue (EFFE).

Ce construit mesure sur une échelle de 1 (faible) à 7 (forte) l'efficacité de l'application PADME.

Il existe un effet principal de la condition, avec un effet moyen : $F(1,24) = 4.304$, $p = 0.049$, $\omega^2 = 0.102$. La correction post-hoc de Tukey montre que les

participants de condition adaptée jugent PADME plus efficace que leurs pairs de condition contrôle, avec $t(1) = 2.075$, d de Cohen = 0.792 et $p = 0.049$. Même s'il n'y a pas initialement d'interaction entre la condition et l'OR, les principaux effets simples montrent que ce sont les participants d'OR promotion qui incarnent cet écart : $F(1,24) = 6.88$ et $p = 0.015$.

Autrement dit, les participants de condition adaptée, et en particulier ceux d'OR promotion, sont nettement plus convaincus de l'efficacité de l'application que leurs pairs de condition contrôle, ce qui tend à valider l'hypothèse H4.

Score du questionnaire sur les éléments de jeu de PADME.

Ce score est la somme normalisée des scores des items du questionnaire spécifiquement conçu pour permettre un retour quantifié des utilisateurs sur les différents éléments de jeu de l'application PADME.

Il y a un effet principal fort de la condition, avec $F(1,24) = 8.021$, $p = 0.009$, $\omega^2 = 0.179$. La correction post-hoc de Tukey confirme que les participants de condition adaptée ont jugé les éléments de jeu de l'application nettement plus motivants ($M = 65.0438$, $SD = 13.866$) que les participants de condition contrôle ($M = 45$, $SD = 26.782$).

Il y a également une interaction entre la condition et l'OR avec un effet moyen à fort : $F(1,24) = 6.065$, $p = 0.021$, $\omega^2 = 0.129$. Les effets principaux simples montrent que c'est parmi les participants d'OR promotion que la différence entre les conditions est saillante, avec $F(1,24) = 14.018$ et $p = 0.001$. En condition adaptée, les participants d'OR promotion notent les éléments de jeu à 71.875 en moyenne ($SD = 13.69$), contre 33.667 en condition contrôle ($SD = 23.628$).

En d'autres termes, les éléments de jeu furent jugés significativement plus motivants par les participants de condition adaptée et en particulier par les participants d'OR promotion. Ce résultat valide l'hypothèse H3.

6.3.4.4. Données de l'application

Parmi les données de l'application, une seule variable a révélé un effet significatif lors des analyses : la progression en nombre de pas. La progression en nombre de pas désigne la différence entre le nombre de pas d'un jour et celui du jour précédent. Les progressions quotidiennes sont sommées sur sept jours pour obtenir un cumul hebdomadaire. La progression hebdomadaire en nombre de pas est positive lorsque globalement un utilisateur marche de plus en plus, et elle est négative lorsqu'il marche de moins en moins.

Il existe un effet principal du temps, avec un effet moyen : $F(3,90) = 4.174$, $p = 0.018$, $\omega^2 = 0.086$. La correction post-hoc de Holm montre que cet effet se produit après la première semaine, mais s'atténue par la suite :

- Entre T1 et T2, $t(3) = 2.59$, d de Cohen = 0.712 et $p = 0.045$,
- Entre T1 et T3, $t(3) = 2.998$, d de Cohen = 0.824 et $p = 0.021$,
- Entre T1 et T4, $t(3) = 3.001$, d de Cohen = 0.825 et $p = 0.021$,
- Aucun effet entre T2 et T3, entre T2 et T4 ou entre T3 et T4.

Progression hebdo. en pas	Condition Adaptée	Condition Contrôle
T1	M = 20631, SD = 27973	M = 13969, SD = 12623
T2	M = -1833, SD = 29629	M = -8113, SD = 37539
T3	M = -8003, SD = 28927	M = -13462, SD = 41615
T4	M = -19409, SD = 31329	M = -1405, SD = 28027

Tableau 6.12 – Progression hebdomadaire en nombre de pas de l'étude 3, selon la condition.

Ces résultats indiquent une différence importante entre la première semaine et les suivantes, comme si les participants trouvaient un certain rythme de croisière, ou comme si l'effet de nouveauté de l'application s'était estompé après la première semaine (tableau 6.12 ci-dessus).

6.3.4.5. Résumé des résultats

Motivation.

La motivation intrinsèque est significativement plus faible à la fin de l'étude, en particulier pour la condition contrôle. En parallèle, l'amotivation est significativement plus faible dans la condition contrôle par rapport à la condition adaptée, c'est-à-dire sans effet du temps : les participants de condition contrôle étaient "moins amotivés" au début de l'étude que ceux de condition adaptée. Ces résultats ne permettent pas de conclure sur H2.

Persuasion perçue de l'application (PPQ).

Le caractère persuasif de l'application est perçu différemment selon l'OR et la condition des participants. Les participants de condition adaptée et d'OR promotion semblent plus sensibles à l'application que leurs pairs de condition contrôle, notamment en ce qui concerne le soutien à la marche et l'efficacité perçue (H4). Les participants de condition contrôle et d'OR prévention en revanche se sentent plus influencés par l'application que leurs pairs de condition adaptée.

Éléments de jeu de PADME.

Les différents éléments de jeu proposés par l'application PADME ont été jugés plus motivants par les participants de la condition adaptée, et en particulier ceux d'OR promotion (H3).

Progression en nombre de pas.

Une grande différence de progression entre la première semaine et les se-

maines suivantes indique une atténuation de la marche, pour tous les participants, ce qui va contre l'hypothèse H1.

Conclusion.

Cette première analyse permet de valider deux (H3 et H4) des quatre hypothèses : en condition adaptée, l'application et son caractère persuasif sont perçus comme plus motivants, avec un soutien à la tâche de marche plus important qu'en condition contrôle (H4). Les participants d'OR promotion en particulier semblent plus motivés que ceux d'OR prévention par les éléments de jeu et les interactions proposés dans PADME (H3). Nous constatons également une diminution de l'activité des utilisateurs après la première semaine. A la différence de nos précédentes études, nous avons évoqué en section 6.3.4.1. sur les statistiques descriptives, le nombre moyen et médian de jours de connexion à l'application, indicateur de son utilisation. La médiane est de 15.5 jours : la moitié des utilisateurs se sont connectés moins de 16 jours (sur 30) à l'application, ce qui peut avoir eu un impact sur les résultats. Nous proposons dans la section suivante de filtrer ces utilisateurs et de refaire les mêmes analyses, sur un groupe restreint ne contenant que des utilisateurs ayant au moins 16 jours de connexion à l'application.

6.3.5. Filtrer les utilisateurs : seconds résultats

L'hypothèse principale reste la même : la ludification adaptée à l'OR des utilisateurs devrait susciter de la motivation à la marche et de fait des performances plus importantes en termes de nombre de pas, et d'utilisation de l'application et de ses fonctions. Nous présentons ici uniquement les résultats significatifs, l'ensemble des résultats se trouve en annexe.

6.3.5.1. Statistiques descriptives

Répartition dans les conditions.

Le filtre médian a enlevé la moitié des utilisateurs de nos données. Parmi les 17 participants restants, nous comptons 9 participants dans la condition adaptée et 8 participants dans la condition contrôle. Les 17 participants ont rempli le questionnaire de fin d'étude. Il y a par ailleurs 10 participants d'OR promotion et 7 participants d'OR prévention (tableau 6.13 ci-dessous).

Répartition	Condition A	Condition C	Total
OR Promotion	5	5	10
OR Prévention	4	3	7
Total	9	8	17

Tableau 6.13 – Répartition des participants dans les conditions expérimentales et selon leur OR.

La taille de l'échantillon nous restreint encore plus dans nos analyses : nous testons donc uniquement l'effet de la condition expérimentale.

Score d'activité physique.

Les participants de condition adaptée ont un score moyen de 4720 points (SD = 5679) en début d'étude, ceux de condition contrôle ayant un score moyen de 1455 points (SD = 854). En fin d'étude, les participants de condition adaptée ont un score moyen de 5926 points (SD = 5804), ceux de condition contrôle un score moyen de 2811 points (SD = 1896).

6.3.5.2. Analyses effectuées

ANOVAs à mesures répétées.

Pour les variables évoluant au cours du temps, nous avons réalisé plusieurs ANOVAs à mesures répétées avec la condition en facteur inter-sujets et le temps en mesures répétées. Les variables dépendantes pour lesquelles un effet a été rapporté sont la motivation intrinsèque et les objectifs cumulés à la semaine.

Pour ces ANOVAs à mesures répétées, le test de normalité de Levene était non significatif, indiquant la poursuite des analyses. Seule l'ANOVA sur les objectifs cumulés nécessitait de faire le test de sphéricité de Mauchly, et il était significatif, avec $\epsilon < 0.75$: nous avons donc appliqué la correction de Greenhouse-Geisser.

Nous utilisons ω^2 comme mesure de la taille d'effet, car plus approprié pour de faibles échantillons [58], et nous indiquons la puissance statistique de chaque résultat, calculée a posteriori avec le logiciel G*Power.

Tests de Student indépendants.

Pour les variables avec mesure unique, nous avons réalisé des tests de Student indépendants, avec la condition comme facteur inter-sujets. Les variables ayant un effet significatif sont le construit "soutien social" du PPQ et le score final du questionnaire sur les éléments de jeu de PADME. La mesure de la taille d'effet utilisée est le d de Cohen, et nous indiquons également la puissance statistique de chaque résultat.

6.3.5.3. Réponses aux questionnaires

Motivation intrinsèque.

La motivation intrinsèque est le type de motivation le plus autonome, qui consiste à réaliser une activité, en l'occurrence la marche, pour le plaisir qu'elle procure. La variable "motivation intrinsèque" s'exprime dans un intervalle de 3 (faible) à 21 (forte).

Il existe un effet principal significatif du temps, avec un effet moyen : $F(1,15) = 14.536$, $p = 0.002$, $\omega^2 = 0.067$, confirmé par la correction post-hoc de Holm,

$t(1) = 3.813$, d de Cohen = 0.540, $p = 0.002$. Comme dans la première analyse, la motivation intrinsèque de tous les participants est plus faible à la fin de l'étude ($M = 15.412$, $SD = 2.551$) par rapport au début ($M = 16.824$, $SD = 2.721$), mais aucune condition ne semble influencer particulièrement ce résultat, qui va contre notre hypothèse H2.

Soutien social (SOCl).

Ce construit mesure sur une échelle de 1 (faible) à 7 (forte) le soutien social que l'application PADME permet, notamment en termes de partage et d'apprentissage avec les pairs.

Le test de Student est significatif, avec un effet fort : $t(15) = 2.623$, $p = 0.019$, d de Cohen = 1.275. Les participants de la condition adaptée pensent davantage ($M = 3.300$, $SD = 1.002$) que PADME permet de partager et d'apprendre avec les pairs que les participants de condition contrôle ($M = 2.000$, $SD = 1.039$). Ce résultat peut paraître surprenant, l'application PADME n'ayant pas directement d'éléments de partage entre les utilisateurs (tels que des classements, ou un forum, ou tout autre moyen d'échanger entre pairs). Le construit "Soutien Social" faisant partie du PPQ, ce résultat tend à valider l'hypothèse H4.

Scores du questionnaire sur les éléments de jeu de PADME.

Ce score est la somme normalisée (en pourcentage) des scores des items du questionnaire spécifiquement conçu pour permettre un retour quantifié des utilisateurs sur les différents éléments de jeu de l'application PADME (voir section 6.3.3.2. pour le détail des items).

Le test de Student est significatif, avec un effet fort : $t(15) = 3.055$, $p = 0.008$, d de Cohen = 1.485. Le résultat est similaire à la première analyse : les participants de la condition adaptée ont une meilleure évaluation du caractère motivant des éléments de jeu de l'application ($M = 65.667$, $SD = 11.554$) que les participants de la condition contrôle ($M = 35.875$, $SD = 26.654$). Ce résultat valide l'hypothèse H3.

6.3.5.4. Données de l'application

Objectifs cumulés à la semaine.

Les objectifs cumulés à la semaine sont la somme, sur sept jours, des objectifs quotidiens d'un participant. Puisque les objectifs quotidiens sont calculés sur les performances passées des utilisateurs, l'évolution des objectifs cumulés traduit indirectement une évolution dans la quantité de pas faits par les participants.

Il existe un effet principal du temps, avec un effet moyen à fort : $F(3,45) = 6.362$, $p = 0.006$, $\omega^2 = 0.095$. Les objectifs cumulés à la semaine sont de plus en plus élevés, indépendamment de la condition : en moyenne, la première semaine T1, les objectifs cumulés sont de 40505 pas ($SD = 16422$), et la dernière

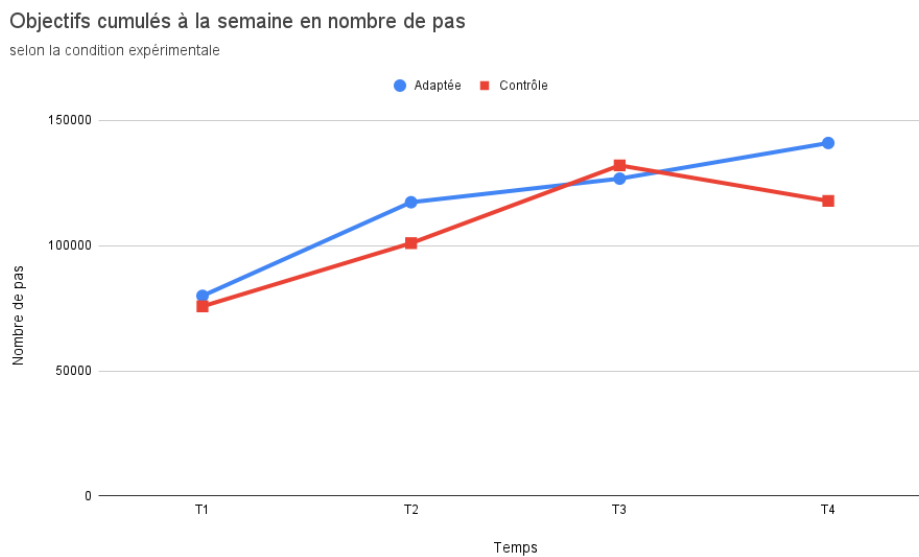


Figure 6.18 – Évolution des objectifs cumulés à la semaine en nombre de pas, selon la condition expérimentale.

semaine T4, les objectifs cumulés sont de 67982 pas (SD = 29033). Les corrections post-hoc de Holm montrent des écarts significatifs d'objectifs entre les semaines 1, 3 et 4 :

- Entre T1 et T3 : $t(3) = -3.787$, $p = 0.003$, $d \text{ de Cohen} = -0.839$,
- Entre T1 et T4 : $t(3) = -3.769$, $p = 0.003$, $d \text{ de Cohen} = -0.835$.

L'absence d'effet entre les semaines 3 et 4 pourrait indiquer une stabilisation des objectifs de tous les participants, c'est-à-dire une forme de convergence entre leurs performances et leurs objectifs.

Nous constatons que les objectifs cumulés en condition contrôle diminuent entre T3 et T4, mais ne font qu'augmenter en condition adaptée (figure 6.18 ci-dessus), ce qui tend à valider l'hypothèse H1, en considérant que l'augmentation des objectifs de marche est liée à l'augmentation des performances des utilisateurs.

6.3.5.5. Résumé des seconds résultats

La seconde phase d'analyse a consisté à retirer les participants qui se sont connectés moins de seize jours à l'application PADME. Les résultats significatifs sont résumés dans les tableaux 6.14 et 6.15 ci-dessous.

Sur la motivation intrinsèque, la persuasion perçue de l'application et les éléments de jeu de PADME, nous tirons des conclusions similaires à celles de la première analyse : en condition adaptée, l'application soutient plus la marche (H4), et les éléments de jeu sont perçus comme plus motivants (H3)

VD	VI	Correction	F	p	ω^2	Puissance
Motivation intrinsèque	Temps	-	14.536	0.002	0.067	0.966
Objectifs cumulés	Temps	GG	6.362	0.006	0.095	0.432

Tableau 6.14 – Résultats significatifs des ANOVAs à mesures répétées sur la motivation intrinsèque et les objectifs cumulés à la semaine. GG indique que la correction de Greenhouse-Geisser fut appliquée.

VD	VI	t	p	d de Cohen	Puissance
Soutien Social	Condition	2.623	0.019	1.275	0.804
Score général des éléments de jeu	Condition	3.055	0.008	1.485	0.885

Tableau 6.15 – Résultats significatifs des tests de Student indépendants sur le soutien social (PPQ) et le score général du questionnaire sur les éléments de jeu de PADME.

qu'en condition contrôle. La baisse de motivation, sans influence de la condition, ne permet pas de valider H2.

Enfin, les objectifs cumulés de tous les participants augmentent au cours du temps, sans influence de la condition, quoique les participants de condition adaptée semblent plus actifs que ceux de condition contrôle, ce qui tendrait à valider l'hypothèse H1. Nous relativisons cette conclusion par la faiblesse de la puissance statistique de ce résultat (0.432).

Conclusion.

Nous reprenons en partie la conclusion de la précédente analyse : la condition adaptée en général semble plus motivée par l'application PADME et ses interactions que la condition contrôle.

L'absence de résultats significatifs ou même tendanciels sur la plupart des mesures comportementales, notamment l'évolution du nombre de pas hebdomadaires, indique d'une part une évolution par rapport à nos précédentes études, où une baisse significative de l'activité des participants était systématiquement mesurée. D'autre part, cette absence révèle la nécessité de renforcer l'approche prévention de la ludification, qui n'a, semble-t-il, que peu convaincu lors de cette étude.

Nous proposons un résumé global comparatif des résultats de cette étude dans la section suivante, puis une discussion.

6.3.6. Résumé global des résultats de l'étude

L'application du filtre sur la participation des utilisateurs à l'étude a révélé de nombreux effets différents : à l'exception de deux variables communes aux deux analyses, aucune n'est identique. Le tableau 6.16 résume ces résultats et nous en discutons dans la section suivante.

	Tous les participants	Participants actifs
Motivation intrinsèque	Diminution (temps) C < A	Diminution (temps)
Amotivation	C < A	-
Soutien à la marche	Pro : A > C Pré : C > A	-
Soutien social	-	A > C
Influence sur les individus	A : sans effet de l'OR C : Pro < Pré	-
Efficacité perçue	A > C	-
Éléments de jeu	A > C Pro : A >> C	A > C
Progression en nombre de pas	Diminution (temps)	-
Objectifs cumulés	-	Augmentation (temps) Tendance : Pro > Pré

Tableau 6.16 – Résumé des analyses de l'étude sur la ludification. Légende : A : condition adaptée, C : condition contrôle, Pro : OR promotion, Pré : OR prévention. Les participants actifs sont ceux s'étant connectés au moins 16 jours à l'application.

6.3.7. Discussion

La troisième dimension de notre modèle PADME a consisté à combiner la ludification, la TAD et la TOR pour proposer une adaptation de la ludification de la marche (section 6.2). L'hypothèse principale était que les éléments de jeu adaptés à l'OR des utilisateurs permettent une meilleure motivation à la marche que des éléments de jeu sans adaptation. Nous avons alors mené une étude expérimentale, sur le terrain, d'une durée d'un mois pour les participants, pour évaluer cette dimension (section 6.3). Nous avons ensuite conduit des analyses sur les données collectées, issues de questionnaires et des téléphones mobiles des participants (sections 6.3.4. et 6.3.5.).

Nous tirons plusieurs commentaires de ces analyses. Premièrement, la version adaptée à l'OR de l'application semble avoir eu un effet persuasif plus fort, et est mieux évaluée que la version contrôle, notamment en ce qui concerne l'impact des éléments de jeu sur la motivation. Cette observation tend à confirmer notre hypothèse de départ : une version adaptée, person-

nalisée de l'application devrait favoriser la motivation à la marche.

Deuxièmement, beaucoup des résultats significatifs présentés sont des effets d'interaction entre la condition expérimentale et l'OR. Nous observons alors des effets croisés, qui tendent, d'un résultat à un autre, à suivre la même voie : les participants d'OR promotion en condition adaptée semblent être les plus motivés suite à leur expérience avec PADME, ainsi que les plus actifs. Les participants d'OR prévention en condition contrôle semblent estimer davantage l'application que les participants d'OR prévention en condition adaptée, eux-mêmes jugeant PADME meilleure que les participants d'OR promotion en condition contrôle. En somme, la version prévention de l'application, en condition adaptée, est jugée moins motivante que la version neutre (en condition contrôle, l'application est identique pour les trois OR). Cette observation peut être interprétée en regard de l'absence de liens établis entre les profils motivationnels des utilisateurs tels que décrits par des cadres comme Hexad et les caractéristiques intra-personnelles des individus telles que décrites par la TOR. Ainsi, les éléments de jeu admis comme viables pour tous les profils Hexad (les points, la progression, les badges) ne sont peut-être pas si pertinents ou efficaces lorsqu'ils sont associés à des caractéristiques des profils d'OR prévention. L'absence, à notre connaissance, d'études et de recherches entre ces deux théories, ne nous permet pas de conclure.

Troisièmement, nous remarquons qu'il y a peu de résultats significatifs sur les mesures issues des téléphones des participants : nombre de pas hebdomadaires, défis réussis et échoués, points utilisés dans la jauge, écarts à l'objectif, niveaux des badges... Aucune de ces mesures n'a de résultat exploitable. Au titre de cette étude, c'est un constat décevant, car il ne valide pas nos hypothèses, notamment en termes de performances supposément meilleures des utilisateurs de condition adaptée. Cependant, lorsque nous mettons en parallèle cette étude et les deux études précédentes (adaptation d'un objectif quotidien de marche, chapitre 4 section 4.3. et adaptation de messages motivationnels, chapitre 5 section 5.3), il s'agit d'une amélioration, là où nous avons des pertes d'activité et de performances telles que cela en était significatif. D'un point de vue purement descriptif, certaines mesures sont en augmentation au cours du temps, avec même une légère amélioration entre le début et la fin de l'étude : c'est le cas par exemple du nombre de pas hebdomadaires, sans que cela soit significatif, et sans que la condition expérimentale en soit responsable.

Quatrièmement, ces résultats, positifs comme négatifs, sont à relativiser, pour deux raisons principales. La première raison est également invoquée lors des autres études : le faible nombre de participants limite la puissance statistique de nos résultats. Les analyses "sans filtre" comptaient sur un échantillon de 34 personnes, dans deux conditions et deux orientations

régulatrices, soit quatre groupes. Les analyses "avec filtre" comptaient sur un échantillon de 17 personnes seulement, dans deux conditions. Non seulement nous avons pu apprécier les puissances statistiques très variables de nos analyses, mais en plus un faible échantillon tend à ne pas être représentatif d'une population, en particulier lorsque l'application, telle que la nôtre, prétend cibler la population générale. La seconde raison réside dans l'absence, dans la littérature, de travaux mêlant la TOR et la ludification, en particulier pour la marche. Nous l'avions évoqué dans la section 6.1.4. : la méta-analyse de Krath *et al.* [85] portant sur les bases théoriques de la ludification, tous domaines d'application confondus, ne mentionne pas la TOR, de même que le panorama théorique de Alslaity *et al.* [9] sur les techniques de personnalisation dans les interventions persuasives de changement de comportement. Par ailleurs, les travaux sur lesquels nous basons l'aspect graphique de notre adaptation n'ont fait l'objet que d'une thèse en 2015 [46], et aucune publication à notre connaissance depuis. Ces deux raisons nous motivent à poursuivre cette étude et à recruter plus de participants, pour espérer obtenir des résultats plus significatifs et pouvant contribuer à valider ou invalider le lien entre la TOR et la ludification de la marche à pied.

6.4. Etude de conception : images pour motiver à marcher

L'absence de résultats sur certaines mesures de l'étude sur l'adaptation de la ludification de la marche, en particulier les badges, pose au même titre que les messages motivationnels de la deuxième étude, la question de leur pertinence et de leur caractère motivant. Nous avons ainsi étudié a posteriori comment les utilisateurs jugent plusieurs visuels de badges en termes de motivation, parmi lesquels figurent ceux utilisés dans l'étude susmentionnée.

Dans la section sur l'état de l'art de la ludification, nous avons vu d'une part que tous les éléments de jeu ne sont pas perçus de la même manière, ni n'ont les mêmes effets selon le contexte d'application, les individus et le but poursuivi [64, 117]. D'autre part, plusieurs études sur la marche ne semblent pas établir de manière certaine et définitive les "effets positifs" des éléments de jeu utilisés [84]. Cette étude de conception, conduite en ligne, s'intéresse donc à mesurer le caractère motivationnel de certains éléments de jeu (badges), d'un point de vue visuel (leur graphisme) et mécanique (leur modalité d'évolution dans l'application). Cette étude de conception consiste en une seule session sur une instance du logiciel LimeSurvey hébergée sur le serveur sécurisé du Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique (LISN). La première partie de cette étude, sur les messages motivationnels, est présentée dans le chapitre 5, section 5.4 et n'est, de fait, plus mentionnée ici.



Figure 6.19 – Badges de niveau 0. De gauche à droite : Accomplisseur, Challenger, Marcheur.

6.4.1. Méthode

Participants.

Deux-cent-soixante-et-une personnes ont participé à cette étude, dont cent-cinquante-sept personnes ont terminé l'ensemble des questionnaires. Les participants ont été recrutés par courriel (listes de diffusion par courriel), réseaux sociaux (X anciennement Twitter, Facebook, LinkedIn) et par le site de recrutement Survey Circle³. Pour pouvoir participer à l'étude, les participants devaient être majeurs et comprendre le français écrit.

Mesures.

Cette étude consistait en plusieurs questionnaires en ligne, hébergés sur un serveur LimeSurvey sécurisé du laboratoire.

L'orientation régulatrice des participants était mesurée par le questionnaire EORAP (Échelle des Orientations Régulatrices dans l'Activité Physique [87]). Il permet d'obtenir un score promotion et un score prévention, relatifs à l'activité physique.

Un questionnaire visant à évaluer le caractère motivationnel de badges était ensuite soumis aux participants (en annexe). Les participants devaient donner une note entre 1 (note basse) et 10 (note élevée) à chaque badge, pour répondre à la question : "*Dans quelle mesure trouvez-vous chaque image motivante ?*". Trois badges différents furent conçus (figure 6.19) :

- Un badge "Accomplisseur", représentant un personnage sur un podium, levant les bras vers le ciel.
- Un badge "Challenger", représentant une loupe et une liste d'items.
- Un badge "Marcheur", représentant une chaussure appuyée sur un bloc de départ.

Pour chaque badge, nous avons conçu trois niveaux d'évolution du badge (niveaux 1, 2 et 3), qui informent l'utilisateur de sa progression dans la statis-

3. <https://www.surveycircle.com/fr/>

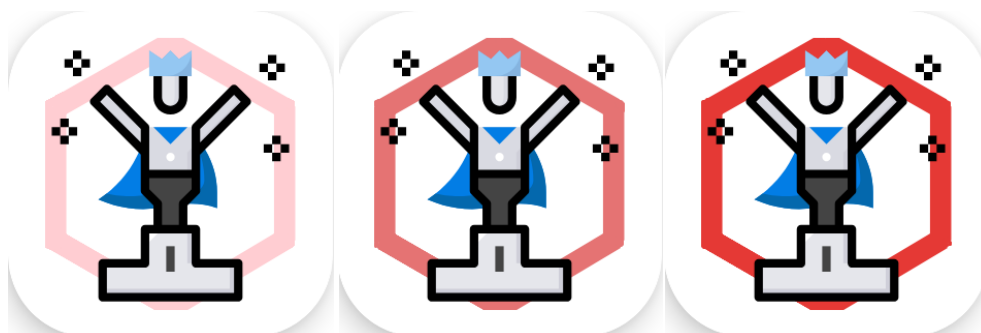


Figure 6.20 – Évolution "base" du badge "Accomplisseur".

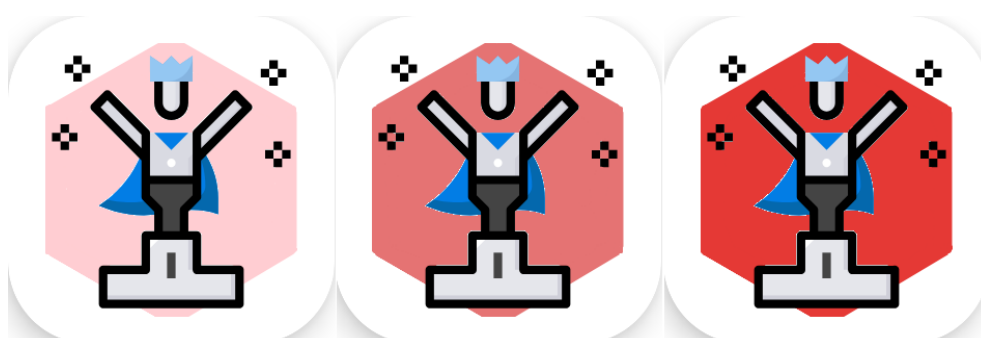


Figure 6.21 – Évolution "pleine" du badge "Accomplisseur".

tique associée au badge. Nous avons également conçu trois versions différentes de l'évolution des badges (figures 6.20, 6.21, 6.22; l'évolution est illustrée de gauche à droite) :

- La version "base" est un hexagone en arrière-plan dont la teinte se fonce avec l'augmentation du niveau du badge.
- La version "pleine" est un hexagone plein en arrière-plan, dont la teinte se fonce avec l'augmentation du niveau du badge.
- La version "segment" est un hexagone en arrière-plan à deux teintes : une teinte claire et des segments de teinte plus foncée, le nombre de segments correspondant au niveau du badge.

Enfin, pour chaque combinaison de badge, de version d'évolution et de niveau, nous avons conçu une version promotion (figures 6.23, 6.24) et une version prévention (les exemples d'évolution ci-dessus sont en version prévention). Les différences de formes et de couleurs sont essentiellement basées sur les travaux de Thérèse Dries-Tônnes [46], et ne s'appliquent qu'aux visuels d'évolution des badges :

- Les badges de version "promotion" ont des teintes orangées et des formes arrondies.
- Les badges de version "prévention" ont des teintes rouges et des formes saillantes.

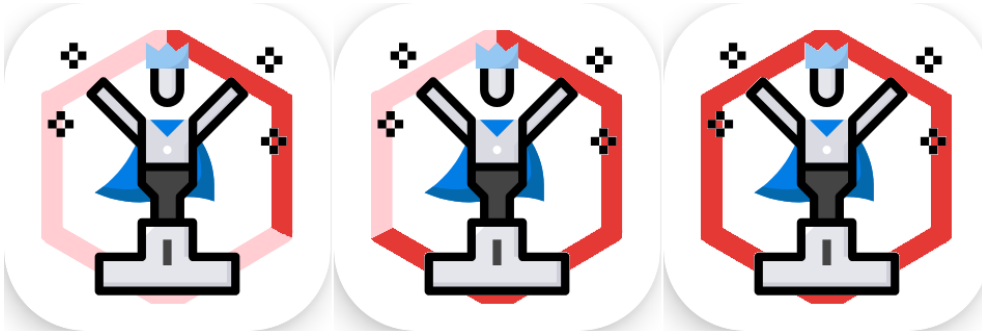


Figure 6.22 – Évolution "segment" du badge "Accomplisseur".



Figure 6.23 – Évolution "pleine", version promotion du badge "Challenger".



Figure 6.24 – Évolution "base", version promotion du badge "Marcheur".

Dix-huit badges composaient ce questionnaire. Les badges étaient groupés par 3 (les niveaux 1, 2 et 3 de chaque version, type de badge et type d'évolution) et présentés dans un ordre aléatoire aux participants.

Le dernier questionnaire portait sur le type d'utilisateur selon la classification Hexad, qui comporte six types [137]. Une présentation de cette classification est faite dans la section 6.1.1.3 sur les typologies d'utilisateurs.

Protocole.

Sur la première page de l'étude, avant le premier questionnaire, les participants ont été informés que démarrer l'étude revenait à donner leur consentement quant à leur participation. L'étude était anonyme, aucun renseignement personnel n'était demandé. Tous les participants faisaient partie du même groupe expérimental. L'étude était réalisable sur n'importe quel navigateur Internet. Le temps de complétion de l'étude était d'environ 15 minutes.

A la fin de l'étude, une zone de texte libre permettait aux participants d'exprimer un avis, un commentaire, ou de laisser leurs coordonnées pour une participation à une future étude (démarche optionnelle, 27 participants sur 157 ont laissé un commentaire).

6.4.2. Hypothèses

Lors de la conception des badges, des discussions émergèrent sur la manière la plus évidente d'illustrer la montée en niveaux d'un badge, au-delà d'un simple affichage numérique. Si dans la littérature les badges sont effectivement reconnus comme récompenses [83, 84, 102, 108, 149], nous n'avons pas trouvé d'études comparant différentes versions de mêmes badges. Nous n'avons donc pas d'hypothèses concernant les types d'évolution des badges.

Concernant les versions promotion et prévention des badges, notre hypothèse principale était que les badges adaptés à l'orientation régulatrice d'un utilisateur étaient perçus comme plus motivants que les badges adaptés à l'autre orientation régulatrice. De fait, les utilisateurs d'orientation régulatrice neutre ne devraient préférer aucune des versions des badges proposés.

6.4.3. Résultats

Nous avons fait des analyses avec le logiciel JASP en version 0.17.2.1. L'ensemble des résultats des analyses sur les badges est disponible en annexe.

6.4.3.1. Statistiques descriptives

Les résultats sont très partagés (tableau 6.17 ci-dessous). Notamment, de manière générale, pour tous les participants :

- Les badges cadrés promotion sont mieux notés (perçus comme plus motivants) que les badges cadrés prévention.

- Les versions ne sont pas toutes jugées de la même manière : les versions "segment" sont jugées plus motivantes que les versions "pleine" qui elles-mêmes sont jugées plus motivantes que les versions "base".
- Le badge Marcheur (la chaussure) est perçu plus motivant que le badge Accomplisseur (personnage sur le podium), lui-même perçu plus motivant que le badge Challenger (la loupe).

Badges	Notes moyennes			
	N	PRE	PRO	Tous
Accomplisseur, Base, Prévention	3.029	3.611	3.588	3.409
Accomplisseur, Base, Promotion	3.676	4.083	4.188	3.982
Accomplisseur, Plein, Prévention	3.794	3.694	3.941	3.810
Accomplisseur, Plein, Promotion	3.706	4.611	4.494	4.270
Accomplisseur, Segment, Prévention	3.471	3.972	3.929	3.791
Accomplisseur, Segment, Promotion	3.853	4.5	4.318	4.224
Challenger, Base, Prévention	2.412	2.472	2.847	2.577
Challenger, Base, Promotion	2.412	3.306	3.153	2.957
Challenger, Plein, Prévention	2.353	2.194	2.247	2.265
Challenger, Plein, Promotion	2.118	3.25	2.8	2.723
Challenger, Segment, Prévention	2.353	3.361	2.859	2.858
Challenger, Segment, Promotion	2.588	3.806	3.118	3.171
Marcheur, Base, Prévention	3.794	4.25	4.541	4.195
Marcheur, Base, Promotion	4.147	4.833	5.188	4.723
Marcheur, Plein, Prévention	4.412	4.333	4.435	4.393
Marcheur, Plein, Promotion	4.676	5.25	5.306	5.077
Marcheur, Segment, Prévention	4.27	5.06	4.77	4.70
Marcheur, Segment, Promotion	4.441	5.611	5.176	5.076

Tableau 6.17 – Notes moyennes selon l'OR des participants pour chaque badge, version et cadrage. Les notes en gras sont celles qui dépassent la moyenne de 5/10.
Légende : N = neutre, PRE = prévention, PRO = promotion.

Nous remarquons cependant de manière générale que les badges ne sont pas bien notés, les notes moyennes peinant à dépasser 5/10 (deux badges dépassent à peine la moyenne, sur les dix-huit badges de l'étude).

Test	VD	VI	Correction	F	p	ω^2
RM ANOVA à 2 facteurs	Caractère motivant du badge	Version	GG	10.139	<.001	0.016
RM ANOVA à 2 facteurs	Caractère motivant du badge	Type	-	65.327	<.001	0.122
RM ANOVA à 2 facteurs	Caractère motivant du badge	Version * Type	HF	3.074	0.001	0.003

Tableau 6.18 – Résultats significatifs de l'ANOVA à mesures répétées à deux facteurs.

6.4.3.2. ANOVA à mesures répétées

Analyses.

Nous avons réalisé une unique ANOVA à mesures répétées à deux facteurs (la version et le type de badge), avec les différents badges (trois types de badge : Accomplisseur, Challenger et Marcheur; trois versions : Base, Pleine et Segment; deux cadrages : Promotion et Prévention, soit dix-huit mesures) comme mesures répétées et l'orientation régulatrice des participants en facteur inter-sujet. Le test de Levene était non significatif pour l'ensemble des variables, indiquant la possible poursuite des analyses. Le test de sphéricité de Mauchly est significatif pour le facteur version, avec $\epsilon < 0.75$ d'où l'application de la correction de Greenhouse-Geisser (GG). Il est également significatif pour l'interaction entre les facteurs version et type de badge, avec $\epsilon > 0.75$ d'où l'application de la correction de Huynh-Feldt (HF). Les résultats significatifs sont présentés dans le tableau 6.18 ci-dessous.

Il existe un effet principal significatif de la version d'évolution des badges avec un effet faible : $F(3,486) = 10.39$, $p < 0.001$, $\omega^2 = 0.016$. La correction post-hoc de Holm met en avant plusieurs paires de comparaisons, permettant un classement un peu plus affiné des différentes versions d'évolution des badges rejoignant en partie notre observation : les versions "segment" sont souvent mieux perçues que les versions "base" ou "pleine", et les cadrages "promotion" mieux notés que les cadrages "prévention".

Il existe aussi un effet principal du type de badge (Accomplisseur, Challenger ou Marcheur), avec un effet moyen à fort : $F(2,304) = 65.327$, $p < 0.001$, $\omega^2 = 0.122$. Les comparaisons post-hoc de Holm sont toutes significatives :

- Le badge Marcheur est nettement mieux perçu que le badge Challenger ($t(2) = 11.359$, $p < 0.001$).
- Le badge Marcheur est mieux perçu que le badge Accomplisseur ($t(2) = 4.572$, $p < 0.001$).
- Le badge Accomplisseur est mieux perçu que le badge Challenger ($t(2) = 6.787$, $p < 0.001$).

Les types de badges sont alors clairement classés par les utilisateurs du plus motivant au moins motivant : Marcheur, puis Accomplisseur, puis Challenger. Nous revenons sur ces résultats dans la discussion de la section suivante.

6.4.4. Discussion

Le but initial de cette étude était d'évaluer la perception de visuels de badges adaptés à l'OR des utilisateurs, notamment ceux utilisés dans la troisième étude de terrain de PADME. Nous avons pour cela conçu plusieurs versions des badges, afin d'évaluer deux éléments : l'adéquation à l'OR des utilisateurs (promotion et prévention) et la façon d'évoluer d'un badge lorsqu'il gagne un niveau (les versions "base", "pleine" et "segment"). Dans l'étude de terrain sur la ludification, seule la version "base" est utilisée.

Une partie seulement de nos hypothèses est vérifiée : les utilisateurs d'OR promotion préfèrent effectivement les badges cadrés promotion, et les utilisateurs d'OR neutre ont des avis mitigés, quoique principalement en faveur des badges cadrés promotion. L'OR des participants n'a jamais d'effet, même tendanciel. En fait, de manière générale sur l'ensemble des participants indépendamment de leur OR, les badges cadrés promotion sont toujours mieux notés que les badges cadrés prévention. Cela pose plusieurs questions : avons-nous bien compris, interprété et implémenté les résultats de Dries-Tônnies [46] sur les influences visuelles des individus d'OR promotion ou prévention ? Retournant la question, ces résultats s'appliquent-ils également à l'activité physique et en particulier la marche ? A la ludification ? Plus généralement, la perception de badges est-elle réellement influencée par l'OR des utilisateurs ?

L'OR étant dépendante du contexte [71], pouvons-nous seulement considérer que l'OR mesurée pour l'activité physique (par le questionnaire EORAP [87]) est la même que l'OR pour la ludification ? Le contexte temporel (passer une étude en ligne, en session unique, par rapport à une étude longitudinale sur le terrain) a-t-il une influence sur la perception des badges, sur les résultats ?

Nous n'avons pas d'hypothèses sur les versions d'évolution (base, pleine et segment) par manque d'informations de la littérature, et nous n'avons aucune hypothèse sur les différents badges eux-mêmes (Accomplisseur, Marcheur et Challenger). Le badge Challenger est celui qui obtient la note moyenne la moins élevée à 2.8 / 10, tous participants et versions confondus. Les versions d'évolution "base", utilisées dans l'application pour l'étude de terrain sur la ludification, sont les moins bien notées, avec une note moyenne de 3.7 / 10, tous participants et versions confondus aussi. Les résultats obtenus montrent l'importance de toute étude préliminaire de conception, y compris sur des éléments qui ne semblaient pas de prime abord nécessiter de telles investigations.

Les questions que nous nous posons dans cette discussion appellent des études complémentaires, en particulier pour explorer les caractéristiques visuelles adéquates pour les individus d'OR promotion et prévention.

6.5. Résumé du chapitre "Adaptation de la ludification de la marche"

Dans ce chapitre, nous avons présenté le concept de ludification comme l'utilisation d'éléments de jeu dans des contextes non ludiques [43]. Nous avons ensuite expliqué comment nous avons conçu une expérience ludifiée pour la marche à pied, implémentée dans notre modèle PADME. Nous prenons notamment appui sur le cadre de travail de Hallifax *et al.* [64] pour la conception des éléments de jeu répondant à des stratégies motivationnelles, ainsi qu'à la classification Hexad des types d'utilisateurs [137] pour identifier les profils typiques de marcheurs.

De plus en plus de travaux font référence à la ludification de la marche, de manière plus ou moins explicite et la TAD est l'une des théories de la motivation les plus utilisées comme fondation théorique de la ludification [102, 108]. Des chercheurs font d'ailleurs des liens entre certains éléments de jeu et la satisfaction des besoins d'autonomie, de compétence et d'affiliation pour appuyer l'intérêt de la TAD pour la ludification [60, 67, 143]. La TOR quant à elle reste cependant marginale, et à ce jour, nous n'avons pas trouvé de travaux liant la TOR à la ludification de la marche à pied.

Nous avons ensuite présenté la conception de la dimension d'adaptation de la ludification de la marche dans notre modèle PADME, ainsi que son implémentation dans notre application Android. La ludification est adaptée à l'OR des utilisateurs d'un point de vue esthétique et mécanique. Esthétique tout d'abord, en appliquant des teintes orangées et des formes arrondies aux profils promotion, des teintes rougeâtres et des formes saillantes aux profils prévention [46], et des teintes violettes aux formes peu arrondies aux profils neutres. L'adaptation esthétique à l'OR se manifeste dans les icônes, les boutons, et les éléments de jeu tels que les défis, l'aspect graphique de la jauge de score santé, les badges ou encore le tutoriel.

L'adaptation de la ludification porte aussi sur les mécaniques de jeu, par une combinaison de la TAD et de la TOR sur certains éléments. Le Score Santé évolue différemment pour les profils promotion et prévention : le niveau de la jauge diminue constamment pendant la journée pour un profil prévention, tandis qu'elle ne peut qu'augmenter pour un profil promotion. Les défis sont un élément de jeu qui prend son inspiration des deux théories : d'une part ils contribuent à satisfaire le besoin d'autonomie des utilisateurs [60, 67]; d'autre part, ils se présentent sous une forme différente selon l'OR des utilisateurs : une forme axée sur le temps restant avant l'échec pour les profils prévention, ou une forme axée sur l'avancée dans le défi pour les profils promotion.

Nous avons évalué cette dimension d'adaptation de notre modèle PADME

dans une étude longitudinale d'un mois, sur le terrain, directement sur le téléphone des participants, par le biais de notre application Android PADME, qui implémente le modèle. Les participants étaient assignés de manière équilibrée dans les conditions adaptée et contrôle, cette dernière ne possédant aucune des adaptations présentées précédemment. Les résultats semblent indiquer que la version adaptée de l'application satisfait plus particulièrement les participants d'OR promotion, laissant les participants d'OR prévention indifférents ou mécontents. En condition contrôle, l'inverse se produit : les participants les plus satisfaits sont ceux d'OR prévention. Ces observations sont à relativiser de par le manque de résultats significatifs des mesures comportementales réalisées sur les mobiles des participants (nombre de pas, statistiques des défis, utilisation générale de l'application) ainsi que le faible échantillon de participants recrutés et ayant terminé l'étude.

Enfin, nous avons conduit une étude de conception pour valider a posteriori les visuels de badges utilisés dans l'étude de terrain. L'étude a eu lieu en ligne en une session unique. Les participants devaient donner une note de 1 (faible) à 10 (élevée) sur plusieurs visuels de badges, à propos du caractère motivant de chaque visuel. Les résultats semblent indiquer une approbation générale (de tous les participants, toutes OR confondues) des badges cadrés promotion, et une désapprobation générale des badges cadrés prévention. Outre le cadrage, les visuels de badges proposaient différentes mécaniques qui nécessitent de plus amples investigations, dans de futures études.

Pour la troisième et dernière partie du manuscrit, nous proposons une discussion générale sur les contributions de notre modèle d'interactions, en revenant sur les apports et les limites de chaque dimension d'adaptation. Nous présentons ensuite des perspectives d'évolution de nos travaux à court, moyen et long termes avant de conclure sur la thèse.

Troisième partie

RÉFLEXIONS ET PERSPECTIVES

Dans cette troisième partie, nous proposons dans le chapitre 7 un retour sur nos contributions autour de nos travaux, en rappelant en quoi consistent nos contributions scientifiques, quels sont leurs atouts et leurs limites, et comment chacune pourrait être davantage développée pour adresser ces limites. Le chapitre 8 est une ébauche des perspectives possibles de nos travaux futurs, à court, moyen et long termes. Nous terminons le manuscrit par une conclusion générale de nos travaux de thèse.

CHAPITRE 7 - Retour sur les contributions

Le but principal poursuivi dans cette thèse a été de proposer un nouveau modèle d'IHM adaptatif, tenant compte des caractéristiques des utilisateurs afin de proposer des interactions motivationnelles adaptées à leur profil, et ce modèle a été appliqué au domaine de la marche à pied dans un contexte de téléphone mobile.

Notre modèle d'interaction comprend trois dimensions d'adaptation (figure 7.1 - modèle v3) :

- L'adaptation d'un objectif quotidien de marche, en nombre de pas,
- L'adaptation de messages motivationnels,
- L'adaptation de la ludification de la marche.

Nos contributions ne se limitent pas à ce seul modèle : nous avons développé l'application "PADME : Allons marcher !" pour téléphones mobiles Android et une application web pour la visualisation et le traitement des données collectées sur les téléphones, ainsi que les documentations techniques, guides et tutoriels pour utiliser ces logiciels. Nous avons par ailleurs conduit quatre études, dont trois études longitudinales d'un mois, sur le terrain, pour évaluer les trois dimensions de notre modèle.

Dans ce chapitre, nous revenons sur chaque dimension de notre modèle PADME, en rappelant notre contribution, ses atouts et ses limites, afin d'esquisser les futurs travaux à mener dans chaque direction. Nous abordons ensuite les limites transversales de nos travaux, en nous concentrant sur deux aspects en particulier : les outils de notre recherche et le format longitudinal et terrain de nos études.

7.1. Adaptation d'un objectif quotidien de marche

Dans le chapitre 4, nous avons introduit la première dimension de notre modèle : l'adaptation d'un objectif quotidien de marche, en nombre de pas. Cette adaptation tient compte dans les premiers jours du profil initial de l'utilisateur, en termes d'activité physique récente, puis elle repose sur ses performances de marche, jusqu'à dix jours, pour proposer un objectif adapté à sa pratique. Nous avons également introduit dans le même chapitre une application Android, que nous avons développée, et qui implémente notre modèle. Elle est à la fois le support des versions suivantes de notre modèle et un outil d'expérimentation sur le terrain, en ce qu'elle est installée directement sur le téléphone mobile personnel des utilisateurs.

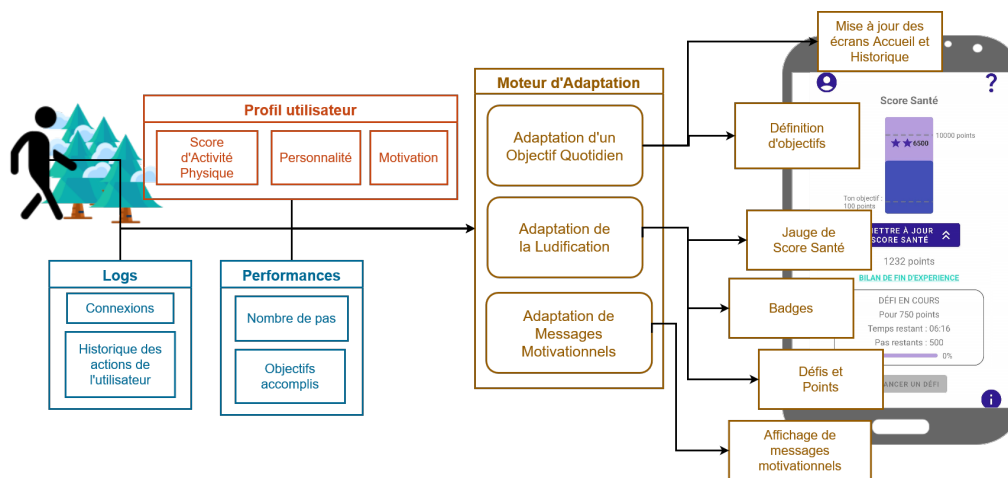


Figure 7.1 – Modèle PADME. En rouge, le profil de l'utilisateur, en bleu les données de l'application et les performances, en marron le moteur d'adaptation et les composants adaptés.

Notre contribution (section 4.2) réside essentiellement dans le transfert d'une technique éprouvée dans d'autres contextes à un domaine relativement jeune : la combinaison d'un objectif quotidien de marche, d'une adaptation informatisée basée sur les performances individuelles d'un utilisateur, et d'un mobile multifonction personnel. Nous avons vu dans l'état de l'art sur l'activité physique et la marche (section 4.1) que les podomètres furent longtemps le dispositif de référence dans les interventions de marche [12, 22, 28, 36, 37, 119, 123, 130]. Cependant, les podomètres ne font que transmettre l'information du nombre de pas, au contraire des téléphones mobiles, qui possèdent d'autres utilisations possibles en termes d'interaction humain-machine. D'ailleurs, la gestion personnelle et individuelle de la santé est une thématique en plein essor, avec une promotion de cette pratique à la fois par l'industrie (les nombreuses applications d'aide et de suivi qui existent) et par les organismes de recommandations tels que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), ou l'INSERM [20, 115]. Par le biais des mobiles personnels, la gestion personnelle de la santé pourrait pallier une limite constatée dans les interventions de marche : le manque de données à long terme, plusieurs mois ou plusieurs années après la fin des interventions [12].

Notre dimension d'adaptation d'un objectif de marche essaie de tenir compte de tous ces aspects : proposer une adaptation quotidienne, directement liée aux performances de marche de l'utilisateur, sans nécessité d'intervention de ce dernier (l'adaptation est automatique), directement sur son téléphone mobile, et donc sans autre dispositif (tel qu'un podomètre).

La littérature sur l'activité physique et la marche (section 4.1) a montré que sur mobile, la plupart des interventions de marche comportaient d'autres

techniques motivationnelles, tels que des messages motivationnels, sans toutefois s'être intéressées à l'effet d'un mobile seul comme dispositif de suivi de l'activité, ou au seul effet d'un objectif adapté sur mobile. L'adaptation d'un objectif quotidien fut l'objet de notre première étude, pour laquelle 25 participants ont participé jusqu'à la fin. L'étude a eu lieu sur les téléphones mobiles personnels des utilisateurs, pendant quatre semaines, sur le terrain, c'est-à-dire en s'insérant dans leur quotidien. Les données de marche furent collectées par le biais de notre application PADME, spécialement développée pour implémenter notre modèle d'interaction. Dans cette étude, trois conditions expérimentales furent utilisées : une condition dynamiquement adaptée, où chaque jour un objectif quotidien était proposé à un utilisateur, en tenant compte de ses performances de marche des dix derniers jours. Le calcul de cet objectif est réalisé par notre adaptation de l'algorithme du centile de Adams *et al.* [2] pour un contexte mobile. La deuxième condition était statiquement adaptée au niveau initial d'activité physique de l'utilisateur, en nous servant du score de l'IPAQ comme seuil pour déterminer l'objectif initial de marche. Enfin, la troisième condition n'était pas adaptée : les participants devaient marcher un nombre fixe de pas chaque jour, en commençant à 1000 pas le premier jour, puis augmentant de 1000 pas par jour jusqu'à 10000 pas par jour.

Les résultats de cette étude sont globalement positifs : les participants de la condition adaptée rapportent un niveau d'activité physique significativement supérieur à ceux des autres conditions, ainsi qu'une motivation intrinsèque accrue. D'ailleurs, la motivation intrinsèque n'augmente qu'en condition adaptée. Même si les résultats indiquent également une diminution de l'utilisation de l'application à partir de la deuxième ou troisième semaine, l'application elle-même est jugée facile d'utilisation par l'ensemble des utilisateurs (score SUS moyen de 82/100), quoiqu'elle soit mieux évaluée par les participants de condition adaptée (score moyen de 89/100, contre en moyenne 75/100 pour les participants de condition contrôle). Ces résultats indiquent donc que le modèle d'interaction a produit l'effet voulu : susciter la motivation à l'activité physique et à la marche, sans toutefois rendre le participant dépendant à notre application. Nous nous rapprochons en cela de la littérature : l'effet combiné d'un dispositif de suivi et d'un objectif quotidien renforce la motivation à la marche [28]. Ces conclusions sont à considérer avec précaution, le faible nombre de participants ayant un effet important sur la validité de nos résultats.

Par ailleurs, cette dimension (l'adaptation d'un objectif quotidien) peut bénéficier d'améliorations en termes de flexibilité, de transparence, et de dynamique de l'adaptation. En termes de flexibilité, l'algorithme de calcul de l'objectif quotidien peut par exemple utiliser d'autres modes de définition de

l'objectif autant reconnu par la littérature : augmentation fixe de l'objectif par rapport à un niveau de référence [36], objectifs hebdomadaires plutôt que quotidiens [110], objectifs en durée de marche plutôt qu'en nombre de pas [151] ou encore une combinaison de plusieurs facteurs tels que le jour de la semaine, la météo, le moment de la journée, etc. [1, 18].

Dans une ambition de science éthique, ouverte et transparente, le calcul complet peut être dévoilé : nous pouvons mettre à disposition de l'utilisateur la formule générale de l'algorithme choisi, les valeurs des variables (les jours, les performances), afin d'expliquer la démarche et le calcul qui aboutissent à un objectif quotidien, contribuant ainsi au respect des principes éthiques en matière de technologies persuasives et motivationnelles [17].

Enfin, l'adaptation elle-même peut être dynamique et adaptée, pour tenir compte par exemple de l'évolution de l'utilisateur, en termes de performances, de motivation, ou d'aspiration à l'activité physique. La réévaluation de son profil d'activité physique est une piste possible. Le questionnaire IPAQ [34] rapporte en effet l'activité physique générale récente d'un utilisateur, c'est-à-dire sur les sept derniers jours : il semble donc important de réévaluer régulièrement les réponses à ce questionnaire pour mettre à jour son profil, notamment lorsque ce dernier a une influence sur les éléments proposés à l'utilisateur. Si dans notre proposition d'adaptation le niveau initial d'activité physique n'influence que les objectifs des deux premiers jours, nous pourrions par exemple ajuster le calcul de l'objectif en fonction de l'actualisation du profil d'activité physique, pour tenir compte des éventuelles activités différentes de la marche que l'utilisateur peut réaliser.

L'adaptation de l'objectif de marche utilisée seule semble insuffisante, ce qui a motivé l'élaboration de notre deuxième dimension, centrée autour de messages motivationnels adaptés à l'OR des utilisateurs. Nous revenons dans la section suivante sur cette nouvelle dimension.

7.2. Adaptation de messages motivationnels

Dans le chapitre 5, nous avons présenté la deuxième dimension de notre modèle (section 5.2) : l'adaptation de messages motivationnels. Cette adaptation tient compte de l'OR d'un utilisateur pour lui adresser des messages motivationnels cadrés selon la même OR, dans l'intention de lui faire ressentir l'adéquation (le fit) et ainsi améliorer sa motivation à la marche [27, 91]. Les messages sont construits selon un cadre conceptuel inspiré de celui d'op den Akker [6] et sont distribués à l'utilisateur à plusieurs moments de la journée et selon l'avancement de son objectif quotidien. L'adaptation tient aussi compte de la TAD, par le biais d'interactions motivationnelles visant à satis-

faire les besoins d'autonomie (révélation de l'objectif quotidien et validation d'un message) et de compétence (les retours d'information contenus dans les messages motivationnels). Nous avons étendu notre application mobile Android pour y inclure l'affichage des messages, les interactions motivationnelles susmentionnées, ainsi qu'un historique de tous les messages reçus par l'utilisateur. Nous avons conservé l'adaptation de l'objectif quotidien de marche.

Avec cette dimension d'adaptation, notre contribution principale est l'utilisation combinée de la TOR et de la TAD dans une application mobile et l'étude terrain réalisée pour évaluer les effets de cette dimension. Dans la littérature (section 5.1), nous avons vu que la TOR est surtout utilisée dans la promotion de l'activité physique et/ou de la marche à pied, avec des mesures d'intention de les pratiquer [53, 89, 121, 124]. Notre cadre conceptuel de génération et d'envoi de messages, inspiré par op den Akker *et al.* [6], permet au contraire d'adapter le contenu d'un message selon l'OR de l'utilisateur, et d'en adapter l'envoi en fonction de son avancement (avec parfois la décision de ne pas envoyer de message). L'inclusion d'interactions motivationnelles qui contribuent à satisfaire les besoins d'autonomie et de compétence de l'utilisateur représente le deuxième volet innovant de cette dimension d'adaptation. Dans la taxonomie des composants motivants des applications de Villalobos-Zuñiga et Cherubini [143], laisser le choix à l'utilisateur favorise la satisfaction du besoin d'autonomie, et lui donner un retour d'information sur ses performances par exemple, ou sur son avancement, tend à satisfaire son besoin de compétence [143]. Essayer de mettre l'utilisateur au centre de l'attention et de l'expérience, est une pratique déjà utilisée dans le coaching sportif, avec des effets positifs reconnus [10, 74, 103, 131].

Notre deuxième étude (section 5.3) s'est attelée à comparer deux conditions expérimentales : une condition adaptée, où les messages motivationnels étaient adaptés à l'OR de l'utilisateur, et une condition contrôle, avec messages mais sans adaptation. De plus, en condition contrôle, les messages sont envoyés toujours aux mêmes horaires et sans tenir compte de l'avancement de l'objectif quotidien de l'utilisateur. Le résultat principal de l'étude est une amélioration de l'activité physique rapportée et des statistiques de progression hebdomadaire des utilisateurs de la condition adaptée uniquement. Les interactions motivationnelles proposées (comme la révélation de l'objectif par un bouton poussoir) n'étant pas adaptées à l'OR de l'utilisateur, nous les avons incluses dans les deux conditions expérimentales.

A l'avenir, deux études complémentaires peuvent être réalisées : une première étude sur les messages motivationnels, pour évaluer l'impact des messages eux-mêmes sur la motivation à la marche des utilisateurs, en reprenant l'interface de la première version du modèle, où l'objectif quotidien est sim-

plement annoncé à l'utilisateur. Ce type d'étude est en partie documenté dans la littérature, quoique la TOR ne soit pas le cadre théorique le plus utilisé dans ces conditions [29, 101]. Une seconde étude peut s'intéresser aux interactions motivationnelles que sont l'action de révéler un objectif d'une part, et la prise de connaissance d'un message non cadré d'autre part, notamment lorsque ce dernier est reçu par une notification. Notre choix, en concertation avec nos encadrants de thèse, de combiner ces deux études en une seule, est justifié autant par la pratique (difficile de faire plus de trois expérimentations terrains sur trois ans) que la littérature, où l'absence d'interventions mêlant ces deux théories est saillante, en particulier lorsque les dispositifs de suivi sont les mobiles multifonctions [28, 108].

L'écueil principal de notre deuxième étude n'est pas structurel, mais méthodologique : nous n'avons pas validé en amont de l'étude le corpus de messages motivationnels cadrés selon les OR des utilisateurs, étant donné que l'essentiel des messages étaient issus de la littérature anglaise [1-3, 5, 6, 42, 47, 101, 133, 145] et française [29, 87, 100], à quelques ajustements près. L'étude de conception réalisée a posteriori (section 5.4) a d'ailleurs révélé que ces "quelques ajustements" ont sans doute introduit de la confusion dans la perception du cadrage des messages : les messages ne sont pas perçus motivants en fonction de leur cadrage promotion / prévention / neutre supposé, mais en fonction de leur contenu, ce qui illustre la nécessité de concevoir et d'évaluer des messages cadrés en dehors de toute intervention sur le terrain. Du point de vue de la méthode, cela nécessite donc plus de recherche, d'autant que l'impact d'un message motivationnel durant une interaction lors d'une activité de marche sur le terrain n'est probablement pas le même que celui lors d'une étude perceptive à base de questionnaire remplis devant un ordinateur de bureau.

Avec l'adaptation de messages motivationnels, nous avons toutefois adressé en partie une limite de la première version de notre modèle : le manque de soutien durable à la marche, notamment au-delà des deux premières semaines d'intervention. L'amélioration du niveau d'activité physique des participants de condition adaptée est une progression. Dans la section suivante, nous revenons sur notre troisième dimension d'adaptation.

7.3. Adaptation de la ludification de la marche

Dans le chapitre 6, nous avons présenté la troisième dimension de notre modèle (section 6.2) : l'adaptation de la ludification de la marche. L'adaptation à l'OR de l'utilisateur est essentiellement visuelle, prenant effet sur tous les éléments graphiques de l'interface de l'application PADME tels que les boutons, les badges, le tutoriel ou encore l'aspect graphique de la jauge de Score

Santé. L'adaptation est également mécanique, notamment en ce qui concerne le Score Santé et les défis, où un comportement différent est implémenté selon le profil d'OR de l'utilisateur. La ludification étant un domaine construit sur les bases théoriques de la TAD, celle-ci continue d'inspirer nos travaux. Les éléments de jeu inclus dans cette version de notre modèle contribuent essentiellement à satisfaire les besoins d'autonomie (définition d'objectif, défis) et de compétence (points et points bonus, progression) [64, 143]. Nous avons par ailleurs mis à jour notre application Android pour refléter ces évolutions (section 6.2.2.).

Notre contribution principale dans cette dimension d'adaptation est l'inclusion de la TOR dans la ludification : à notre connaissance, nous n'avons pas trouvé de travaux combinant TOR et ludification de la marche (section 6.1). La TAD étant l'inspiration théorique principale de la ludification [85], et ayant déjà mentionné dans la section précédente notre contribution originale en mêlant TAD et TOR, la ludification cadrée à l'OR de l'utilisateur est en soi une contribution originale. Pour explorer cette combinaison, nous avons pris des éléments de jeu courants dans la littérature de la ludification de la marche à pied : les points, les badges, l'objectif quotidien, les défis, et la progression [63, 64, 84, 102]. Si la troisième étude poursuivait les mêmes objectifs que les deux premières, à savoir mesurer une amélioration de la motivation à la marche, elle s'est révélée surtout exploratoire. Des effets croisés, entre les conditions expérimentales et l'OR des participants, révèlent la nécessité de concevoir des éléments de jeu cadrés à l'OR en amont d'une expérimentation sur le terrain, tant du point de vue de l'esthétique que de la mécanique. Cette remarque rejoint celle faite à propos des messages motivationnels cadrés de la section précédente, et est la conclusion de notre étude a posteriori sur les badges utilisés dans notre application.

Ainsi, du point de vue du graphisme des éléments de jeu adaptés, nous basons notre conception sur les travaux de thèse de Dries-Tônnes [46]. Plutôt que de les considérer acquis, plusieurs études (ou tests) pourraient être réalisées non seulement pour valider les approches formes lisses pour OR promotion et formes saillantes pour OR prévention, mais également pour étudier la perception de certains éléments de jeu selon certaines OR. Par exemple, le concept de défi n'est peut-être pas adapté aux profils prévention, car la prise de risque n'est pas une caractéristique typique de cette stratégie d'action [38]. Ce sont d'ailleurs les caractéristiques typiques des stratégies promotion et prévention qui ont orienté notre conception de la mécanique des éléments de jeu de progression et des défis dans PADME. Dans la progression, en particulier la jauge de Score Santé et son évolution, l'approche promotion est centrée sur l'idée d'avancement (remplir la jauge) comme métaphore de l'atteinte d'un état de bien-être et de motivation. L'approche prévention est cen-

trée sur l'inverse : la perte de points et l'évitement d'une situation non désirée (la jauge vide), comme métaphore d'un potentiel mal-être à éviter. Là aussi, des études complémentaires pourraient nous aider à approfondir la manière dont ces composants sont perçus par les utilisateurs.

7.4. Remarques générales

Outre les limites et les contraintes de chaque dimension évoquées dans les sections précédentes, plusieurs remarques peuvent être adressées de manière générale et transversale dans nos travaux, et notamment dans les outils utilisés pour élaborer le profil de l'utilisateur, et compléter une étude, ainsi que sur la méthodologie suivie.

7.4.1. Les outils

Une première remarque est une limite dans notre approche de l'OR d'un utilisateur. Nous avons constaté au cours de l'étude sur l'adaptation de messages motivationnels que les messages n'avaient pas beaucoup d'effets sur les utilisateurs, et en particulier les messages cadrés prévention. Nous avons alors fait une étude de conception portant sur le caractère motivant des mêmes messages motivationnels, et les utilisateurs d'OR prévention ont évalué les messages cadrés promotion comme plus motivants que les messages cadrés prévention. De manière générale, l'OR, les scores promotion et prévention des utilisateurs, n'étaient pas corrélés aux notes des messages, avec un avis global en faveur des messages cadrés promotion et en défaveur des messages cadrés prévention. Ces résultats furent déjà en partie commentés dans la section 5.4.5, la discussion de l'étude de conception, notamment en ce qui concerne la validité de l'outil utilisé.

Nous mesurons l'OR chronique d'un utilisateur en matière d'activité physique par le questionnaire validé EORAP [87]. Ce questionnaire donne un score promotion, de 3 à 18, et un score prévention, également de 3 à 18. L'OR chronique est alors obtenue par la différence entre ces deux scores. Ce calcul fait perdre l'amplitude de chaque score, et donc une information qui peut se révéler importante sur l'utilisateur. Nous prenons trois individus en exemple pour illustrer notre propos :

- Un individu A de score promotion égal à 17 et de score prévention égal à 16. Son OR chronique est donc promotion.
- Un individu B de score promotion égal à 4 et de score prévention égal à 3. Son OR chronique est donc promotion également.
- Un individu C de score promotion égal à 18 et de score prévention égal à 3. Son OR chronique est donc promotion également.

Dans cet exemple, les trois individus A, B et C ont, d'après l'EORAP, une OR

chronique promotion alors même qu'il s'agit de trois individus très différents :

- L'individu A a deux scores très élevés et très proches, ce qui signifie qu'il sera presque autant sensible aux approches promotion que prévention.
- L'individu B a deux scores bas et très proches, ce qui signifie qu'il sera peu sensible à l'une ou l'autre des approches.
- L'individu C a un score promotion très élevé et un score prévention très bas, ce qui signifie qu'il sera beaucoup plus sensible à l'approche promotion.

Au regard de cet exemple, qui au demeurant peut être également appliqué aux OR prévention et neutre, il peut être pertinent de tenir compte des scores dans les deux dimensions plutôt que de l'OR chronique : si pour un individu (A) autant sensible à l'une ou l'autre approche cela n'a que peu d'importance, une mauvaise adaptation risque en revanche de démotiver totalement un utilisateur (B) plus sensible [25, 53, 97, 122, 124]. Cette remarque peut s'appliquer aux deux dimensions utilisant la TOR : les messages motivationnels et la ludification de la marche.

Pour les messages motivationnels, plutôt que de statuer définitivement de l'OR chronique de l'utilisateur et ne lui adresser que des messages de cette OR, le modèle peut "apprendre" au fur et à mesure de l'interaction si les messages adressés sont pertinents, ou non. Par exemple, sur l'écran d'accueil, en dessous du message motivationnel, l'application peut afficher deux boutons (un positif et un négatif) au lieu d'un actuellement (positif : "D'accord"). Dans cette approche, le modèle envoie d'abord des messages cadrés selon l'OR chronique renseignée dans le modèle de l'utilisateur, puis ajuste ses envois en fonction des interactions de l'utilisateur.

7.4.2. Les études longitudinales sur le terrain

Une deuxième remarque générale concerne le format choisi pour nos études. Dans nos revues de la littérature, nous avons constaté deux approches principales concernant les interventions en rapport avec la santé et/ou l'activité physique. Une première approche consiste à promouvoir un comportement (la marche par exemple, ou être physiquement actif), puis à mesurer les intentions d'activité physique (ou de marche), et/ou à rapporter l'activité physique effectuée, en quelques occasions entre immédiatement après le premier contact et plusieurs mois après celui-ci. Les mesures sont effectuées par des entretiens avec les participants et/ou des questionnaires [53, 56, 89, 97, 121, 122, 124]. Cette approche de l'intervention est temporellement économique tant pour les expérimentateurs que pour les participants : les contacts sont courts et en nombre réduit, et ils n'impliquent aucune contrainte particulière pour aucune des deux parties. Le participant n'est sollicité que quelques fois pour l'étude, et l'expérimentateur peut ainsi recruter davantage pour son

étude. Nous pourrions cependant nous interroger sur l'absence de mesures objectives de l'activité physique (ou de la marche) lorsque le but même de l'étude est de la promouvoir, voire de l'accroître.

Une deuxième approche des interventions consiste précisément à suivre les participants quotidiennement pendant l'intervention, en réalisant des mesures subjectives, par questionnaires, et objectives, par le biais de capteurs et/ou de dispositifs de suivi [2, 11, 25, 29, 55, 56, 101, 132]. Cette approche est nettement plus contraignante : elle implique souvent d'instrumentaliser le suivi, par des dispositifs fournis au participant tels qu'un podomètre ou une montre connectée [28] ou par le développement d'applications mobiles ou web [108]. Cette approche nécessite également un suivi quotidien des participants et une disponibilité importante des expérimentateurs et des participants, pour lesquels l'étude s'insère dans leur vie quotidienne. Cette approche a également un effet positif notable : l'obtention de données objectives, en plus des données subjectives habituellement collectées. Nous avons choisi le format d'études longitudinales sur le terrain pour les raisons exposées ci-dessus : permettre un suivi régulier des utilisateurs, directement dans leur quotidien, avec une collecte de données objectives, par le biais du téléphone, et subjectives, par le biais de questionnaires validés.

Mais les contraintes mentionnées impliquent aussi des limites, que nous avons déjà évoquées dans le reste du manuscrit : les participants qui terminent effectivement les études, la méthode de recrutement des volontaires, l'absence de rémunération (ou de récompense) des participants, leur suivi pendant l'étude ou encore la baisse de l'utilisation de l'application, également constatée par Caon *et al.* [23] dans un domaine très différent (le suivi de l'alimentation). Les limites sont nombreuses, transversales, et dépendent plus de la méthodologie suivie que de l'objet de notre recherche (la marche à pied). Le taux de participation par exemple, c'est-à-dire le rapport entre le nombre de personnes qui terminent une étude et le nombre de personnes recrutées pour cette étude, est une information qui n'est pas forcément communiquée dans la littérature des interventions de marche, ce qui rend difficile la prise de recul. Dans nos travaux, nous avons recruté pour la première étude 32 personnes, dont 26 ont terminé l'étude, soit un taux de participation de 81%. Pour la deuxième étude, le taux est de 64% (50 personnes recrutées, 32 ont terminé), et pour la troisième étude, il est de 86% (43 personnes recrutées, 37 ont terminé). Par ailleurs, le faible échantillon de participants, la nature des données collectées et les évolutions de l'application entre les études ne nous permet pas de comparer les études entre elles. Ces limites nécessitent d'être analysées afin de faire évoluer nos pratiques et notre méthodologie de la recherche.

7.5. Résumé du chapitre "Retour sur les contributions"

Dans ce chapitre, nous avons rappelé succinctement quelles sont nos contributions à la recherche en IHM motivationnelle, par notre modèle PADME et ses trois dimensions d'adaptation : l'adaptation à un objectif quotidien en nombre de pas, l'adaptation de messages motivationnels et l'adaptation de la ludification de la marche à pied. Nous avons, pour chaque dimension, présenté les contributions, mais aussi leurs limites et comment nous pourrions les adresser. Une quatrième section a décrit les limites transversales de nos travaux, en matière d'outils utilisés pour la recherche, ou concernant le format longitudinal terrain de nos études.

Dans le chapitre suivant, nous évoquons les perspectives de nos travaux et nous faisons des propositions à court, moyen et long termes sur les nombreuses questions et interrogations laissées sans réponse dans ce document. Nous concluons en répondant aux questions de recherche mentionnées dans l'introduction et sur notre travail en général.

CHAPITRE 8 - Perspectives et conclusion

Dans ce chapitre, nous dressons un panorama des évolutions possibles de nos travaux, puis nous proposons une réponse à notre question initiale de recherche avant de conclure.

8.1. Perspectives

8.1.1. Approche méthodologique

Dans nos deuxième et troisième études, nous avons vu a posteriori les effets potentiellement néfastes de l'utilisation de ressources non validées au préalable : les messages motivationnels cadrés, et les badges. D'autres éléments furent ainsi inclus dans notre modèle, sans avoir été évalué indépendamment des autres au préalable : les couleurs et formes de l'interface graphique, la mécanique de la jauge de Score Santé (croissance ou décroissance selon l'OR), les défis et leur mécanique d'évolution (temps restant ou pas marchés). La question sous-jacente concerne la méthode d'évaluation d'un système interactif motivationnel : un tel système doit-il être considéré comme un tout, ou comme la somme de ses parties ? Devons-nous évaluer chaque partie l'une après l'autre, ou une seule fois ?

Dans nos travaux, nous avons opté pour l'évaluation d'une dimension après l'autre : d'abord l'objectif quotidien, puis les messages, puis la ludification. Dans la ludification cependant, et parce que le domaine est nouveau, plusieurs éléments furent inclus ensemble dans la dimension, sans avoir été évalué indépendamment des autres au préalable : les badges et leur mécanique d'évolution, les couleurs et formes de l'interface graphique, la mécanique de la jauge de Score Santé (croissance ou décroissance selon l'OR), les défis et leur mécanique d'évolution (temps restant ou pas marchés). Du côté de la littérature, en matière d'intervention de marche, les chercheurs tendent à plutôt inclure plusieurs techniques de motivation (telles que la définition d'objectif, les messages motivationnels, entre autres) et d'évaluer le tout [28, 108].

En réalité, les deux approches peuvent être suivies : lorsqu'un domaine est peu exploré, comme l'association de la TOR et de la TAD au sein de la ludification, des études centrées sur certains aspects permettent d'avancer à pas prudents. Cette approche s'applique bien aux éléments de jeu susmentionnés : n'ayant pas trouvé de travaux mêlant TOR et ludification, y compris dans des méta-analyses récentes [9, 85], nous avons extrapolé la plupart des effets

graphiques des travaux de Dries-Tônnes [46]. Chacun de ces éléments de jeu pourrait faire l'objet d'une étude qui lui est propre, non seulement pour évaluer le cadrage promotion, prévention ou neutre, mais également que l'élément considéré est correctement perçu par l'utilisateur.

A l'inverse, lorsqu'un domaine est déjà documenté, tels que par exemple la définition d'un objectif de marche, ou des techniques motivationnelles comme l'envoi de messages, il peut être plus intéressant d'évaluer directement un système interactif complet incluant ces différents composants.

8.1.2. Psychologie de la motivation et de la personnalité

Tout comme l'absence de lien établi entre la TOR et la ludification, les liens entre la TAD et la TOR, notamment pour la motivation à la marche, sont rares. En fait, nous avons trouvé une seule publication [88] qui essaie, par deux études transversales, de trouver des corrélations entre les types de motivation et les orientations régulatrices promotion et prévention. Ces études sont relativement récentes, et furent réalisées sur la base d'enquêtes en ligne par questionnaires auto-rapportés. Les auteurs évoquent des résultats intéressants : l'OR promotion serait associée aux types de motivation autonomes et l'OR prévention aux types de motivation plutôt contrôlés. Il serait donc intéressant de transposer ces résultats dans une intervention de motivation à la marche à pied, afin de les vérifier dans un contexte réel, sur le terrain.

Finalement, notre manière d'utiliser la TOR pour adapter des interactions à l'utilisateur correspond davantage au tailoring qu'à de la personnalisation, puisque nous adaptons essentiellement selon l'OR promotion ou prévention, sans tenir compte de caractéristiques purement individuelles [5, 114]. Non seulement nous pouvons nous poser la question de quelles caractéristiques utiliser, mais également à quel niveau pouvons-nous les employer pour améliorer la motivation de l'utilisateur à la marche? Pouvons-nous envisager de nous tourner vers d'autres théories de psychologie, vers d'autres approches de la personnalité, sur lesquelles prendre appui? Le Five Factor Model [33] est par exemple régulièrement utilisé pour décrire les traits de personnalité des individus [137].

Plus spécifiquement à la ludification et la TOR pour la motivation à la marche à pied, l'affiliation en tant que besoin fondamental des individus, n'a pas du tout été explorée dans nos travaux et mériterait autant que les autres sujets que nous nous y intéressons. Les éléments de jeu habituellement associés à l'affiliation, tels que les classements, les équipes, et les compétitions [60, 67, 143], peuvent également faire l'objet d'une adaptation à l'OR des individus, que ce soit par la mécanique de l'élément (par exemple, présenter un individu promotion dans un intervalle de places dans un classement, et un individu prévention à sa position exacte) que par son esthétique (les données mises

en avant, les formes et couleurs utilisées, etc.). L'affiliation en général n'a pas été abordée dans nos travaux, même si un aspect social a parfois été mis en lumière (par exemple, les résultats du construit "Soutien Social" du PPQ, dans notre deuxième étude, section 5.3.4.2.), ce qui sous-entend que renforcer ce sentiment est possible avec PADME. La littérature rapporte par ailleurs une faible utilisation des aspects sociaux dans les interventions d'activité physique [7, 108], ce qui en fait une perspective intéressante à approfondir.

Enfin, l'interaction entre la TOR et la ludification étant à notre connaissance complètement nouvelle, "tout reste à faire". La ludification prend ses racines théoriques principalement dans la TAD [85], et de plus en plus d'études tissent des liens entre certains éléments de jeu et la satisfaction des besoins fondamentaux (autonomie, compétence, affiliation) décrits par la TAD. En parallèle de l'étude des liens entre la TAD et la TOR, et dans la continuité des travaux de Laroche *et al.* [88], nous pouvons imaginer que certains éléments de jeu correspondent davantage à certaines orientations régulatrices, avant même de considérer la manière de les représenter. Par exemple, les badges étant une récompense acquise pour une action, nous pourrions penser que les individus d'OR chronique promotion y sont plus sensibles que ceux d'OR chronique prévention.

8.1.3. Apprentissage automatique

L'ajout d'information sur l'utilisateur, ou de dimensions dans son profil, induit également une autre question, plus centrée sur l'adaptation elle-même : quelles sont les autres manières d'adapter les interactions? Les modèles d'intelligence artificielle, d'apprentissage automatique ou les réseaux de neurones, constituent autant d'alternatives plus complexes à notre approche. Nous n'avons jamais abordé ce sujet et ses perspectives auparavant dans nos travaux, mais force est de constater que la thématique de l'intelligence artificielle a une popularité grandissante. Au-delà de la complexité de ces modèles, se pose aussi la question éthique de la boîte noire : quel est le coût d'une erreur de la machine, lorsque nous manipulons la motivation des individus, voire leur santé? L'avènement des mobiles multifonctions permet une collecte importante de données (issues de capteurs, d'utilisation des mobiles, des interactions avec les applications), sources potentielles de personnalisation des interactions [75].

8.1.4. Cadre de conception

Plus éloigné de la motivation à la marche et plus proche de l'IHM, l'élaboration d'un cadre conceptuel d'interactions motivationnelles adaptées fait partie des perspectives à moyen terme possibles. Dans nos travaux, nous avons appliqué notre modèle d'interactions motivationnelles PADME à la marche à pied, pour les raisons expliquées en introduction. Un travail de transposi-

tion pourrait être effectué, pour faire abstraction de notre domaine applicatif, et proposer un modèle plus général, que nous pouvons ensuite appliquer à différents domaines, par exemple pour le sport santé. Une telle démarche nécessite d'être organisée et cadrée, notamment en ce qui concerne l'évaluation de ce cadre conceptuel. En cela, les travaux de Peters *et al.* [120] à propos du cadre METUX sont une première piste. Les auteurs proposent d'accompagner les concepteurs de technologies et systèmes interactifs motivationnels en fonction du stade d'utilisation de cette technologie, de son adoption à son impact sur la vie des individus. Pour l'évaluation d'un système interactif adaptatif, d'autres chercheurs se sont intéressés à une standardisation des pratiques d'évaluation [44, 45].

De nombreuses questions d'IHM restent en suspens, et nécessitent d'être également approfondies, notamment en ce qui concerne les interactions entre le système et l'utilisateur, en particulier sur mobile. Parmi les thématiques abordées dans la thèse, nous avons à plusieurs reprises envoyé des messages à l'utilisateur : un objectif quotidien (chapitre 4), des messages motivationnels dans une application et par notifications (chapitre 5), des retours d'information divers, tels que des retours sur sa performance, ou un succès particulier (chapitre 6), directement et toujours sur son téléphone mobile. La mesure et l'étude des effets de ces envois de messages, ou même de la manière de les envoyer, restent à investiguer, d'autant plus qu'une notification n'est efficace que si elle est adaptée à son destinataire [52].

8.1.5. Adhérence

Enfin, une notion également laissée de côté, quoique rapidement évoquée tout au long de nos travaux, est la notion d'adhérence de l'utilisateur. D'après Tang *et al.* [135], la définition de l'adhérence dépend de son contexte d'application. Prenant le point de vue de l'activité physique, nous pouvons considérer l'adhérence quotidienne de l'utilisateur (le pourcentage de jours valides pendant l'intervention), l'adhérence hebdomadaire (le nombre de jours valides dans une semaine, ou le nombre moyen de jours valides par semaine dans une intervention), ou encore l'adhérence à l'objectif quotidien. Dans notre modèle, quelle définition de l'adhérence est pertinente? Comment l'adhérence de l'utilisateur peut-elle intervenir dans l'adaptation? Peut-on faire des mesures d'adhérence "en temps réel", afin d'adapter dynamiquement les interactions? Les mesures d'adhérence peuvent non seulement renseigner sur le comportement de l'utilisateur, mais aussi être directement utilisées par le système interactif pour continuer et améliorer l'adaptation.

8.2. Conclusion

Ce travail de thèse s'est intéressé à la conception d'interactions motivationnelles pour la motivation à la marche sur téléphones mobiles. Appuyés par la littérature, et notamment en nous inspirant de la Théorie de l'Auto Détermination et de la Théorie de l'Orientation Régulatrice, nous avons proposé un modèle adaptatif d'interaction à trois dimensions d'adaptation : l'adaptation d'un objectif quotidien de marche en nombre de pas, l'adaptation de messages motivationnels cadrés, et l'adaptation d'une ludification de la marche. Ce modèle inclut également une modélisation de l'utilisateur dont il se sert pour permettre l'adaptation. Dans le cas spécifique de notre domaine d'application, l'orientation régulatrice et le niveau d'activité physique constituent les bases sur lesquelles le modèle s'appuie pour définir un objectif quotidien à l'utilisateur, lui envoyer des messages en adéquation avec son orientation régulatrice et lui proposer des défis de marche adéquats. Ces dimensions furent élaborées par des états de l'art successifs ainsi que motivées par les résultats de nos expérimentations longitudinales sur le terrain, qui ont révélé un fort besoin d'exploration de ces sujets. A la brève question de l'introduction "*Comment motiver à la marche à pied sur mobile ?*", nous adressons une réponse nécessairement plus riche : la motivation à la marche dans un contexte mobile soulève de nombreux défis, de conception, de méthodologie, et d'évaluation.

Quatrième partie

ANNEXES

Annexe A - Liste des publications et communications

A.1. Publications

- David Rei, Céline Clavel, Jean-Claude Martin, Brian Ravenet. Adapting goals and motivational messages on smartphones for motivation to walk. 12 pages. Smart Health Journal, (accepté, en cours de publication).
- David Rei, Celine Clavel, Jean-Claude Martin, Brian Ravenet. Intervention mobile pour la motivation à marcher : Impact de l'adaptation des objectifs et des messages motivationnels. Colloque en TélÉSANTé et dispositifs biomédicaux, Université Paris 8, CNRS, Jun 2023, Paris Saint Denis, France. hal-04220657. 13 pages.
- David Rei, Brian Ravenet, Jean-Claude Martin, and Céline Clavel. 2020. PADMEH : Personality-based Adaptive moDel for Mobile E-Health. In Proceedings of the 4th HUMANIZE Workshop. 25th International Conference on Intelligent User Interfaces Companion (IUI '20). March 2020. Cagliari, Italy. 6 pages.

A.2. Communications

- David Rei, Brian Ravenet, Jean-Claude Martin, Céline Clavel. 2022. Daily Walking in a Mobile Personalised Coaching Application : Combining Self-Determination Theory and Regulatory Focus Theory for Motivation. Abstract and Oral presentation for ECPP 2022 (European Conference on Positive Psychology), Reykjavik, Iceland. Résumé de 1 page et présentation orale.
- David Rei, Céline Clavel, Jean-Claude Martin, Brian Ravenet. Adaptation statique et dynamique de l'objectif quotidien de marche dans des interactions humain-machine motivationnelles mobiles. Résumé de 1 page et présentation orale pour la Journée FEDEV 2022. Octobre 2022, Palaiseau, France.

Annexe B - Résultats d'études

Note : les résultats en gras et orange sont les résultats significatifs présentés dans le corps de la thèse.

B.1. Étude n°1 : Adaptation dynamique d'un objectif en nombre de pas

Tableau B.1 – Résultats des ANOVAs à mesures répétées sur les données comportementales.

	VD	VI	Correction	F	p	ω^2
	Nombre de pas	Temps	GG	2.497	0.094	0.018
	Nombre de pas	Condition	-	0.012	0.988	0
	Nombre de pas	Temps * Condition	GG	0.487	0.746	0
Progression en nombre de pas	Temps		GG	2.029	0.162	0.042
Progression en nombre de pas	Condition		-	0.33	0.723	0
Progression en nombre de pas	Temps * Condition		GG	0.711	0.535	0
	Écart à l'objectif en pas	Temps	GG	4.207	0.017	0.046
	Écart à l'objectif en pas	Condition	-	0.454	0.641	0
	Écart à l'objectif en pas	Temps * Condition	GG	0.871	0.498	0
	Écart à l'objectif en %	Temps	GG	1.885	0.183	0.027
	Écart à l'objectif en %	Condition	-	0.949	0.402	0
	Écart à l'objectif en %	Temps * Condition	GG	0.744	0.489	0
	Connexion à l'application	Temps	GG	6.749	0.007	0.1
	Connexion à l'application	Condition	-	1.117	0.345	0.003
	Connexion à l'application	Temps * Condition	GG	0.24	0.866	0
	Consultation de l'historique	Temps	GG	14.285	<0.001	0.211
	Consultation de l'historique	Condition	-	0.834	0.448	0
	Consultation de l'historique	Temps * Condition	GG	1.696	0.189	0.019
	Nombre de pas	Temps	GG	1.214	0.306	0.003
	Nombre de pas	OR	-	0.099	0.906	0
	Nombre de pas	Temps * OR	GG	0.415	0.788	0

Tableau B.2 – Résultats des ANOVAs à mesures répétées sur les réponses aux questionnaires.

	VD	VI	Correction	F	p	ω^2
Score AP (IPAQ)		Temps	–	0.747	0.397	0
Score AP (IPAQ)		Condition	–	3.547	0.047	0.072
Score AP (IPAQ)		Temps * Condition	–	0.577	0.57	0
Motivation Intrinsèque		Temps	–	0.136	0.716	0
Motivation Intrinsèque		Condition	–	1.866	0.18	0.026
Motivation Intrinsèque		Temps * Condition	–	5.976	0.009	0.043
Régulation Intégrée		Temps	–	0.002	0.963	0
Régulation Intégrée		Condition	–	0.664	0.525	0
Régulation Intégrée		Temps * Condition	–	1.13	0.342	0.001
Régulation Identifiée		Temps	–	1.647	0.213	0.004
Régulation Identifiée		Condition	–	1.662	0.214	0.02
Régulation Identifiée		Temps * Condition	–	0.612	0.552	0
Régulation Introjectée		Temps	–	0.436	0.516	0
Régulation Introjectée		Condition	–	1.22	0.315	0.007
Régulation Introjectée		Temps * Condition	–	2.544	0.102	0.007
Régulation Externe		Temps	–	0.081	0.778	0
Régulation Externe		Condition	–	1.974	0.164	0.029
Régulation Externe		Temps * Condition	–	1.409	0.266	0.004
Amotivation		Temps	–	1.191	0.287	0.002
Amotivation		Condition	–	0.546	0.587	0
Amotivation		Temps * Condition	–	0.133	0.876	0

B.2. Étude n°2 : Adaptation de messages motivationnels

Tableau B.3 – Résultats des ANOVAs à mesures répétées sur les données comportementales.

	VD	VI	Correction	F	p	ω^2
Nombre de pas		Temps	GG	1.11	0.337	0
Nombre de pas		Condition	–	0.145	0.705	0
Nombre de pas		Temps * Condition	GG	0.791	0.462	0
Progression en nombre de pas		Temps	GG	5.963	0.004	0.1

Suite page suivante

Tableau B.3 – suite de la page précédente

	VD	VI	Correction	F	p	ω^2
Progression en nombre de pas		Condition	-	0.929	0.342	0
Progression en nombre de pas		Temps * Condition	GG	0.576	0.567	0
Écart à l'objectif en pas		Temps	HF	0.261	0.824	0
Écart à l'objectif en pas		Condition	-	0.34	0.34	0
Écart à l'objectif en pas		Temps * Condition	HF	0.672	0.549	0
Écart à l'objectif en %		Temps	GG	0.809	0.402	0
Écart à l'objectif en %		Condition	-	0.563	0.458	0
Écart à l'objectif en %		Temps * Condition	GG	1.125	0.31	0.003
Connexion à l'application	Temps		GG	19.616	<0.001	0.162
Connexion à l'application		Condition	-	0.413	0.525	0
Connexion à l'application		Temps * Condition	GG	0.143	0.776	0

Tableau B.4 – Résultats des ANOVAs à deux facteurs sur les données comportementales.

	VD	VI	Correction	F	p	ω^2
Nombre de messages reçus		Condition	-	1.509	0.229	0.013
Nombre de messages reçus		OR	-	2.977	0.066	0.101
Nombre de messages reçus		Condition * OR	-	0.93	0.406	0
Nombre de messages validés		Condition	-	0.165	0.688	0
Nombre de messages validés	OR		-	7.684	0.002	0.267
Nombre de messages validés		Condition * OR	-	1.547	0.229	0.022
Nombre d'objectifs révélés		Condition	-	0.138	0.713	0
Nombre d'objectifs révélés		OR	-	3.113	0.059	0.109
Nombre d'objectifs révélés		Condition * OR	-	0.542	0.587	0
Nombre d'objectifs accomplis		Condition	-	2.203	0.148	0.023
Nombre d'objectifs accomplis	OR		-	8.205	0.001	0.27
Nombre d'objectifs accomplis		Condition * OR	-	2.592	0.092	0.06

Tableau B.5 – Résultats des ANOVAs à mesures répétées sur les réponses aux questionnaires IPAQ et EMAPS.

	VD	VI	Correction	F	p	ω^2
Score AP (IPAQ)		Temps	-	0.104	0.749	0
Score AP (IPAQ)		Condition	-	0.024	0.877	0

Suite page suivante

Tableau B.5 – suite de la page précédente

	VD	VI	Correction	F	p	ω^2
	Score AP (IPAQ)	Temps * Condition	-	4.305	0.047	0.047
Motivation Intrinsèque		Temps	-	0.057	0.812	0
Motivation Intrinsèque		Condition	-	0.797	0.379	0
Motivation Intrinsèque		Temps * Condition	-	0.057	0.812	0
Régulation Intégrée		Temps	-	0.118	0.733	0
Régulation Intégrée		Condition	-	0.275	0.604	0
Régulation Intégrée		Temps * Condition	-	1.151	0.292	0
Régulation Identifiée		Temps	-	0.036	0.85	0
Régulation Identifiée		Condition	-	0.938	0.341	0
Régulation Identifiée		Temps * Condition	-	0.105	0.748	0
Régulation Introjectée		Temps	-	2	0.168	0.003
Régulation Introjectée		Condition	-	0.024	0.878	0
Régulation Introjectée		Temps * Condition	-	0.125	0.726	0
Régulation Externe		Temps	-	3.144	0.086	0.008
Régulation Externe		Condition	-	0.76	0.39	0
	Régulation Externe	Temps * Condition	-	4.34	0.046	0.013
	Amotivation	Temps	-	5.49	0.026	0.012
Amotivation		Condition	-	0.066	0.799	0
Amotivation		Temps * Condition	-	0.015	0.903	0

Tableau B.6 – Résultats des ANOVAs à deux facteurs sur les réponses au questionnaire PPQ.

	VD	VI	Correction	F	p	ω^2
PPQ TASK		Condition	-	0.041	0.841	0
PPQ TASK		OR	-	2.465	0.105	0.076
PPQ TASK		Condition * OR	-	2.583	0.095	0.082
PPQ DIAL		Condition	-	0.565	0.459	0
PPQ DIAL		OR	-	1.357	0.275	0.022
PPQ DIAL		Condition * OR	-	0.576	0.569	0
PPQ CRED		Condition	-	0.598	0.446	0
PPQ CRED		OR	-	0.537	0.591	0
PPQ CRED		Condition * OR	-	0.95	0.4	0
PPQ SOCI		Condition	-	2.757	0.109	0.045
	PPQ SOCI	OR	-	3.872	0.034	0.147

Suite page suivante

Tableau B.6 – suite de la page précédente

VD	VI	Correction	F	p	ω^2
PPQ SOCI	Condition * OR	–	0.299	0.744	0
PPQ UNOB	Condition	–	6.706	0.016	0.148
PPQ UNOB	OR	–	1.117	0.343	0.006
PPQ UNOB	Condition * OR	–	3.768	0.037	0.143
PPQ PERS	Condition	–	0.861	0.362	0
PPQ PERS	OR	–	0.933	0.406	0
PPQ PERS	Condition * OR	–	0.283	0.756	0
PPQ EFFO	Condition	–	3.724	0.065	0.069
PPQ EFFO	OR	–	2.229	0.128	0.062
PPQ EFFO	Condition * OR	–	4.729	0.018	0.189
PPQ EFFE	Condition	–	0	0.984	0
PPQ EFFE	OR	–	2.492	0.102	0.085
PPQ EFFE	Condition * OR	–	1.567	0.228	0.032
PPQ CONT	Condition	–	0.998	0.327	0
PPQ CONT	OR	–	0.576	0.569	0
PPQ CONT	Condition * OR	–	0.253	0.778	0

Tableau B.7 – Scores normalisés issus du questionnaire Hexad.
P = Philantrope, S = Socialisateur, EL = Esprit Libre,
A = Accomplisseur, D = Disrupteur, J = Joueur

Identifiant	P	S	EL	A	D	J
479742	79%	92%	83%	75%	63%	79%
657709	54%	25%	67%	67%	38%	67%
808247	75%	67%	58%	79%	21%	17%
520832	79%	42%	75%	71%	63%	75%
946574	75%	58%	100%	83%	54%	58%
929567	75%	63%	67%	50%	17%	58%
816016	88%	83%	88%	63%	25%	88%
716536	67%	79%	88%	79%	67%	75%
975070	83%	88%	79%	83%	25%	88%
477395	67%	58%	67%	83%	25%	33%
187451	75%	71%	83%	79%	13%	21%
859066	88%	46%	79%	58%	25%	46%
836373	83%	67%	79%	79%	17%	17%

Suite page suivante

Tableau B.7 – suite de la page précédente

Identifiant	P	S	EL	A	D	J
311488	67%	38%	79%	38%	75%	88%
712806	92%	38%	92%	83%	13%	71%
362724	100%	96%	88%	29%	50%	100%
496693	75%	25%	100%	54%	63%	63%
189946	88%	79%	83%	63%	38%	67%
917654	71%	54%	42%	50%	13%	63%
638505	8%	8%	75%	63%	79%	38%
645097	88%	17%	100%	63%	58%	33%
111919	92%	96%	92%	38%	33%	46%
515545	79%	58%	79%	71%	54%	50%
533418	96%	63%	83%	83%	33%	75%
773554	67%	29%	79%	33%	50%	33%
382792	67%	67%	75%	83%	67%	79%
238168	67%	67%	71%	50%	8%	54%
419485	92%	79%	88%	75%	67%	83%

B.3. Étude de conception : images et textes pour motiver à marcher

Tableau B.8 – Détail des scores promotion et prévention des participants de l'étude de conception, avec l'OR retenue, pour chaque participant.

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
2	10	9	promotion
3	14	11	promotion
6	8	11	prévention
8	13	8	promotion
11	11	11	neutre
14	15	9	promotion
17	16	11	promotion
18	14	14	neutre
21	8	10	prévention
24	15	13	promotion
25	18	18	neutre

Suite page suivante

Tableau B.8 – suite de la page précédente

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
26	10	6	promotion
27	16	18	prévention
29	15	10	promotion
31	17	11	promotion
32	13	14	prévention
35	11	16	prévention
38	7	6	promotion
39	14	13	promotion
40	18	16	promotion
41	5	3	promotion
42	10	9	promotion
44	17	13	promotion
47	9	7	promotion
51	8	6	promotion
53	17	15	promotion
55	13	9	promotion
56	15	12	promotion
57	10	13	prévention
60	14	3	promotion
61	8	8	neutre
64	12	10	promotion
66	14	9	promotion
70	14	12	promotion
72	10	3	promotion
76	15	6	promotion
77	11	14	prévention
78	5	4	promotion
83	10	10	neutre
85	18	18	neutre
88	15	12	promotion
91	18	14	promotion
93	6	6	neutre
96	13	13	neutre
97	7	3	promotion
101	13	8	promotion

Suite page suivante

Tableau B.8 – suite de la page précédente

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
103	17	8	promotion
105	15	15	neutre
106	16	9	promotion
109	16	18	prévention
110	15	15	neutre
111	4	3	promotion
112	3	3	neutre
113	13	11	promotion
114	14	9	promotion
116	3	3	neutre
117	14	6	promotion
119	6	6	neutre
120	9	9	neutre
122	13	13	neutre
124	9	9	neutre
125	7	6	promotion
126	9	5	promotion
127	18	18	neutre
131	3	3	neutre
132	18	3	promotion
133	16	11	promotion
137	11	13	prévention
138	9	11	prévention
139	8	5	promotion
140	8	14	prévention
141	14	8	promotion
142	13	12	promotion
143	8	6	promotion
144	17	14	promotion
145	7	10	prévention
146	3	4	prévention
148	15	15	neutre
149	10	7	promotion
152	16	16	neutre
153	15	17	prévention

Suite page suivante

Tableau B.8 – suite de la page précédente

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
154	11	14	prévention
155	14	6	promotion
157	7	7	neutre
159	11	10	promotion
160	9	15	prévention
162	14	12	promotion
163	14	12	promotion
164	18	16	promotion
165	14	5	promotion
167	14	12	promotion
168	13	10	promotion
169	12	12	neutre
170	7	12	prévention
172	13	8	promotion
173	10	9	promotion
175	18	18	neutre
176	9	10	prévention
177	12	13	prévention
178	8	7	promotion
182	11	9	promotion
186	16	18	prévention
189	7	7	neutre
191	16	14	promotion
193	18	18	neutre
195	16	18	prévention
196	14	11	promotion
197	4	12	prévention
198	13	15	prévention
200	16	14	promotion
201	14	12	promotion
202	9	10	prévention
203	6	15	prévention
204	18	11	promotion
206	16	15	promotion
207	10	16	prévention

Suite page suivante

Tableau B.8 – suite de la page précédente

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
208	9	5	promotion
210	9	10	prévention
211	18	18	neutre
212	11	10	promotion
216	9	6	promotion
220	16	10	promotion
223	13	13	neutre
224	15	17	prévention
225	12	11	promotion
228	10	13	prévention
229	4	5	prévention
230	17	15	promotion
231	9	10	prévention
232	11	18	prévention
233	8	6	promotion
234	17	15	promotion
235	5	12	prévention
236	13	8	promotion
237	18	18	neutre
238	17	14	promotion
240	10	12	prévention
241	11	11	neutre
243	11	13	prévention
244	17	15	promotion
246	16	14	promotion
248	16	13	promotion
249	10	9	promotion
250	15	12	promotion
251	12	12	neutre
252	13	12	promotion
253	12	3	promotion
254	14	15	prévention
256	12	9	promotion
257	14	14	neutre
258	12	12	neutre

Suite page suivante

Tableau B.8 - suite de la page précédente

Identifiant	Score Promotion	Score Prévention	OR retenue
259	12	10	promotion
260	9	8	promotion
261	12	12	neutre

Annexe C - Liste des messages motivationnels de PADME, chapitre 5

Les mots entre parenthèses (mot) sont optionnels : leur ajout ou non permet de varier plus grandement les phrases. X dans certains messages désigne un nombre de pas, à faire (comme l'objectif quotidien), restants ou faits.

C.1. Message à T1

Invitation à ouvrir l'application :

Une nouvelle journée commence! Ouvre l'application pour dévoiler ton objectif.

C.1.1. Encouragements

- Promotion :
 - (Courage,) tu as tout pour réussir!
 - Cette journée sera pleine d'épreuves mais tu les surmonteras facilement!
 - Tu y arriveras : quand on veut, on peut!
 - Il est certain que tu avanceras vers (ta réussite) (ton succès)!
 - Les efforts que tu feras porteront leurs fruits!
- Prévention :
 - Tu feras le nécessaire pour ne pas échouer!
 - (Courage,) tu as tout pour ne pas échouer!
 - Cette journée sera pleine d'épreuves mais ça vaut le coup d'aller au bout!
 - Ta santé est en jeu, ne l'oublie pas!
 - Il est certain que tu feras ce qu'il faut pour l'atteindre!
 - Garde-le en tête et n'en dévie pas!
 - Une activité physique suffisante réduira les risques de maladies cardiovasculaires.
- Neutre :
 - Tu peux devenir plus actif en allant te promener.
 - L'entraînement physique présente de nombreux avantages, notamment une amélioration de la santé (mentale) et (physique)!

C.2. Messages à T1.5

- Neutre
 - (Aujourd'hui,) ton objectif est de X pas
 - Tu dois marcher X pas (aujourd'hui) (cette fois-ci)
 - X pas sont à atteindre (aujourd'hui) (cette fois-ci)
 - Tu dois réaliser au moins X pas (aujourd'hui) (cette fois-ci)

C.3. Messages à T2 et T3

- Retour d'information promotion :
 - Tu as déjà (parcouru) (fait) X pas.
 - Tu t'es rapproché de X pas de ton objectif (quotidien) (journalier)
 - Tu es X pas plus proche de ton objectif (quotidien) (journalier)
- Encouragement promotion :
 - Tu es sur la bonne voie pour atteindre ton objectif (quotidien) (journalier)!
 - Tu te rapproches de ton objectif (journalier) (quotidien)!
 - Tu es sur la voie du succès!
 - C'est un grand pas vers la réalisation de ton objectif (quotidien) (journalier)!
- Relâchement promotion :
 - Tu es devenu plus actif! Assied-toi un moment.
 - Tu es en forme, lis (un magazine) (le journal) (un livre) pour (un moment) (quelques minutes)
- Retour d'information prévention :
 - Il te reste X pas (à faire) (à parcourir).
 - Encore X pas avant ton objectif (quotidien) (journalier)!
- Encouragement prévention :
 - Une activité physique suffisante réduira les risques de maladies cardiovasculaires.
 - Ne perds pas de vue ton objectif!
 - Continue à faire ce qu'il faut!
- Relâchement prévention :
 - Tu te débrouilles très bien (ce matin), mais n'oublie pas de garder un peu d'énergie (pour le soir) (pour la suite de la journée).
- Retour d'information neutre :
 - Tu as fait X pas.
 - Tu as marché X pas.
- Encouragement neutre :
 - C'est le temps idéal pour faire une promenade!
 - Une promenade pour le déjeuner?

- Un tour pour le déjeuner?
- C'est le moment d'aller faire (un tour) (une ballade) (une promenade)!
- C'est le moment d'aller marcher un peu!
- C'est le moment d'aller te promener!
- Continue comme ça!
- Tu peux peut-être faire une promenade pour le déjeuner aujourd'hui.
- Relâchement neutre : par définition, les messages neutres ne peuvent pas décourager.

C.4. Messages à T4

- Encouragement promotion :
 - Objectif presque atteint!
 - Tu es proche de l'objectif!
- Encouragement prévention :
 - Tu n'es pas loin de ton objectif!
 - L'objectif n'est pas hors de ta portée!
 - Tu fais ce qu'il faut pour l'atteindre!

Annexe D - Liste des messages motivationnels de l'étude de conception

D.1. Encouragements

- Promotion :
 - Courage, tu as tout pour réussir!
 - Cette journée sera pleine d'épreuves mais tu les surmonteras facilement!
 - Tu y arriveras : quand on veut, on peut!
 - Il est certain que tu avanceras vers ta réussite!
 - Les efforts que tu feras porteront leurs fruits!
 - Tu es sur la bonne voie pour atteindre ton objectif quotidien!
 - C'est un grand pas vers la réalisation de ton objectif quotidien!
 - Tu te rapproches de ton objectif quotidien!
 - Tu es sur la voie du succès!
 - Tu peux encore réussir ton objectif!
 - Objectif presque atteint!
 - Tu es proche de l'objectif!
- Prévention :
 - Tu feras le nécessaire pour ne pas échouer!
 - Courage, tu as tout pour ne pas échouer!
 - Cette journée sera pleine d'épreuves mais ça vaut le coup d'aller au bout!
 - Ta santé est en jeu, ne l'oublie pas!
 - Il est certain que tu feras ce qu'il faut pour l'atteindre!
 - Garde-le en tête et n'en dévie pas!
 - Une activité physique suffisante réduira les risques de maladies cardiovasculaires.
 - Ne perds pas de vue ton objectif!
 - Continue à faire ce qu'il faut!
 - Une activité physique régulière neutralise la baisse de la performance physique.
 - Ne pas accumuler suffisamment d'activité physique tout au long de la journée peut nuire à la santé.
 - Ne pas pratiquer d'exercice peut engendrer de graves problèmes de santé.
 - Tu peux faire ce qu'il faut pour atteindre ton objectif!
 - Tu n'es pas loin de ton objectif!

- L'objectif n'est pas hors de ta portée!
- Neutre :
 - Tu peux devenir plus actif en allant te promener.
 - L'entraînement physique présente de nombreux avantages, notamment une amélioration de la santé mentale et physique!
 - Un tour pour le déjeuner?
 - C'est le moment d'aller marcher un peu!
 - Continue comme ça!
 - Tu peux peut-être faire une promenade pour le déjeuner aujourd'hui.

D.2. Relâchements

- Promotion :
 - Tu es devenu plus actif! Assied-toi un moment.
 - Tu es en forme, lis le journal pour quelques minutes.
- Prévention :
 - Tu te débrouilles très bien, mais n'oublie pas de garder un peu d'énergie pour le soir.

D.3. Objectif atteint

- Bravo! Tu as atteint ton objectif quotidien!
- Objectif terminé pour aujourd'hui, félicitations!

Annexe E - Schémas

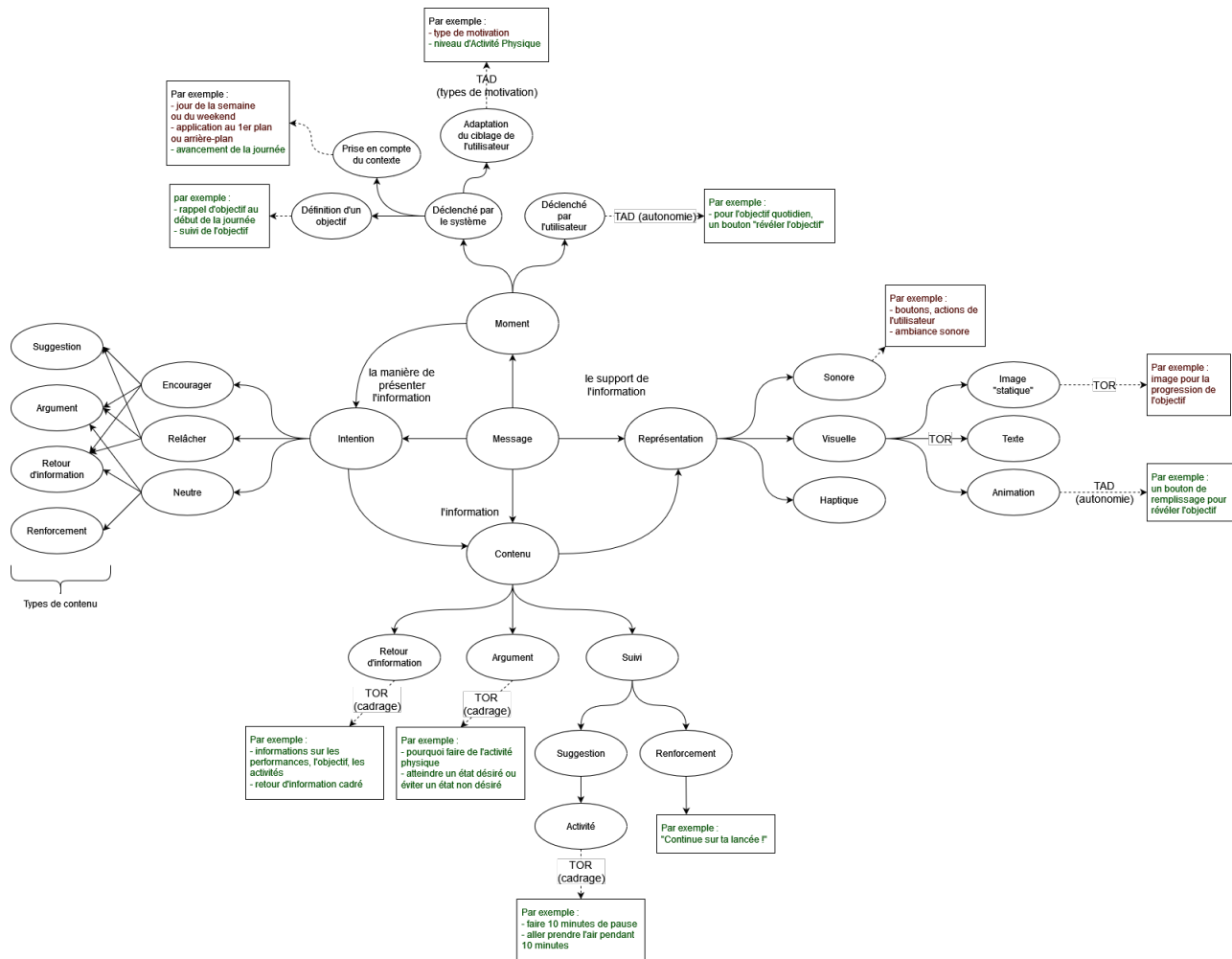


Figure E.1 – Schéma complet du modèle de génération de messages motivationnels cadrés de PADME.

Arbre du temps : prévention

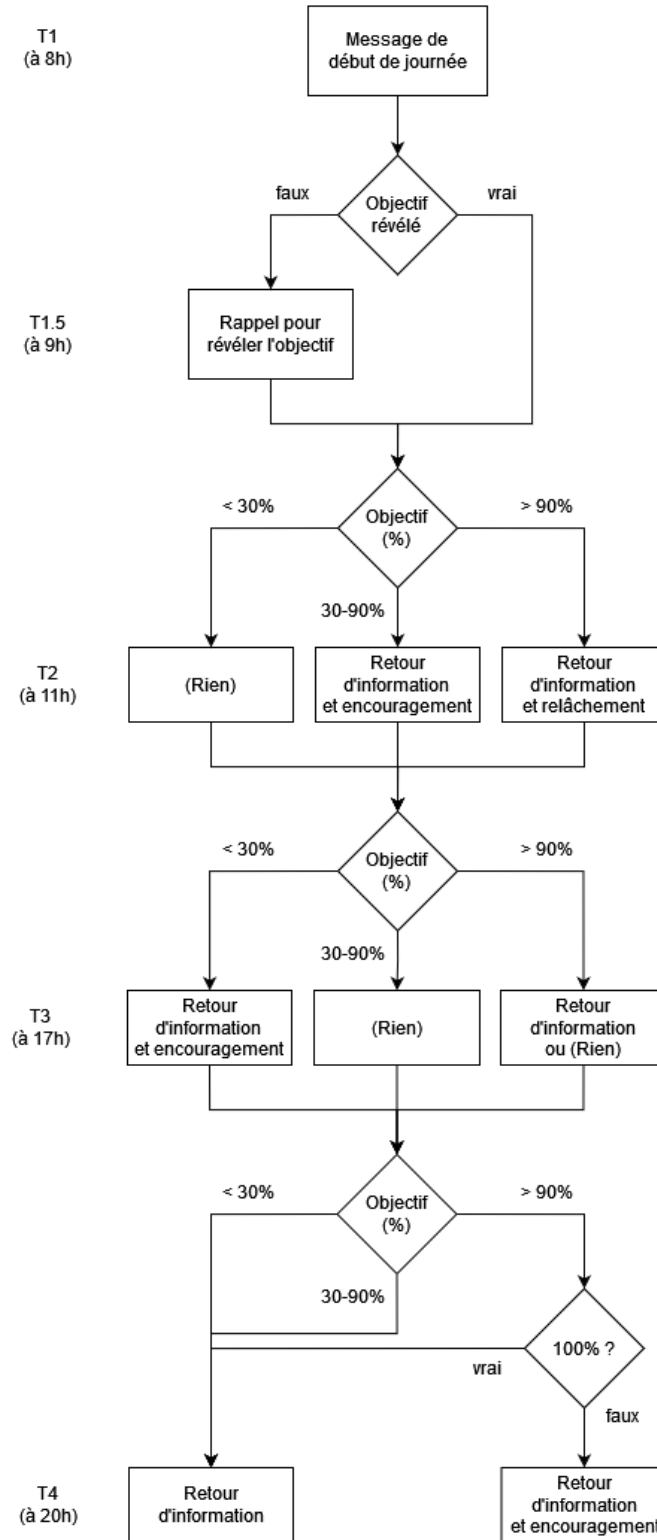


Figure E.2 – Arbre du temps complet pour les profils prévention.

Arbre du temps : promotion

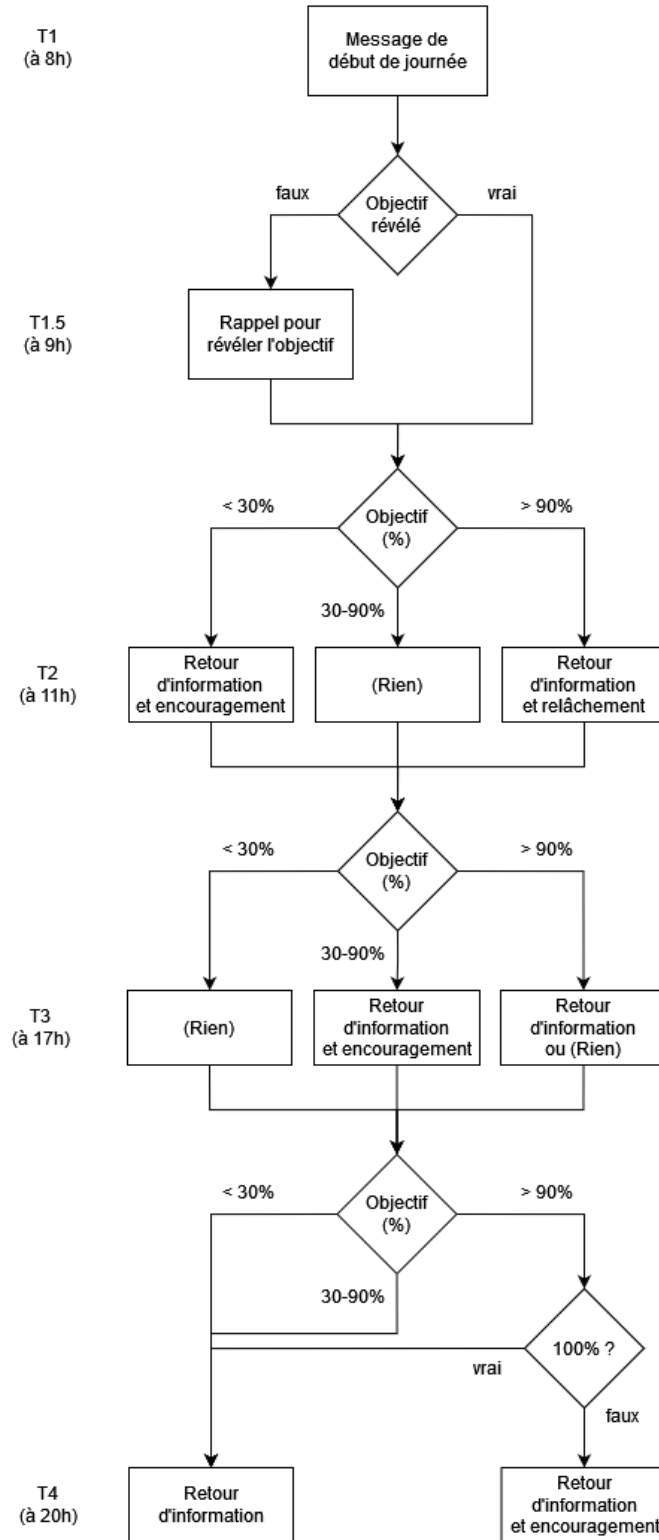


Figure E.3 – Arbre du temps complet pour les profils promotion.

Annexe F - Questionnaires soumis aux participants

F.1. Échelle des Orientations Régulatrices dans l'Activité Physique (EORAP [87])

Les propositions étaient présentées dans un ordre aléatoire.

- Promo 1 : Mes priorités dans mon activité physique sont influencées par ce que j'aimerais idéalement atteindre.
- Promo 2 : J'imagine souvent comment atteindre ce qui serait idéal pour moi dans mon activité physique.
- Promo 3 : Dans mon activité physique je suis motivé(e) par mes désirs et par ce qui serait idéal pour moi d'atteindre.
- Prév 1 : Il est important pour moi de respecter mes obligations dans mon activité physique.
- Prév 2 : Dans mon activité physique je cherche à être à la hauteur des responsabilités et des obligations que je me suis données ou que d'autres personnes m'ont confiées.
- Prév 3 : Dans mon activité physique je cherche à respecter les responsabilités que je me suis données ou que l'on m'a confiées.

F.2. Échelle de Motivation pour l'Activité Physique à des fins de Santé (ÉMAPS [20])

Échelle de Motivation pour l'Activité Physique à des fins de Santé (ÉMAPS)

Julie Boiché, Mathieu Gurlan, David Trouilloud et Philippe Sarrazin. *Journal of Health Psychology*.

Indiquez dans quelle mesure chacun des énoncés suivants correspond actuellement à l'une des raisons pour lesquelles vous pratiquez des activités physiques.

Ne correspond pas du tout	Correspond très peu	Correspond un peu	Correspond moyennement	Correspond assez	Correspond fortement	Correspond très fortement
1	2	3	4	5	6	7

DE FAÇON GÉNÉRALE, POURQUOI FAITES-VOUS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE (AP)?

1. Pour le plaisir que je ressens lorsque je pratique des AP.	1	2	3	4	5	6	7
2. Je n'en ai aucune idée, je crois que ça ne me sert à rien.	1	2	3	4	5	6	7
3. Parce que je me sentirais mal si je ne faisais pas cet effort.	1	2	3	4	5	6	7
4. Parce que je pense que l'AP est une bonne chose pour mon développement personnel.	1	2	3	4	5	6	7
5. Je ne sais pas vraiment; j'ai l'impression de perdre mon temps lorsque je fais de l'AP.	1	2	3	4	5	6	7
6. Pour la satisfaction que je ressens à progresser dans ce genre d'activités.	1	2	3	4	5	6	7
7. Parce que l'AP fait partie intégrante du style de vie que j'ai choisi.	1	2	3	4	5	6	7
8. Franchement je fais de l'AP mais je ne vois pas l'intérêt.	1	2	3	4	5	6	7
9. Pour ne pas avoir à entendre les reproches de certaines personnes.	1	2	3	4	5	6	7
10. Parce que je considère que faire de l'AP est une partie de mon identité.	1	2	3	4	5	6	7
11. Pour les sensations agréables que me procure l'AP.	1	2	3	4	5	6	7
12. Parce que personnellement je considère que c'est un facteur de bien-être.	1	2	3	4	5	6	7
13. Parce que faire de l'AP est cohérent avec mes valeurs.	1	2	3	4	5	6	7
14. Parce que je me sentirais nerveux-se si je n'en faisais pas.	1	2	3	4	5	6	7
15. Parce que certaines personnes me mettent la pression pour que je le fasse	1	2	3	4	5	6	7

16. Parce que je pense que l'AP me permettra de me sentir mieux..	1	2	3	4	5	6	7
17. Parce que j'y suis obligé(e) par mon entourage.	1	2	3	4	5	6	7
18. Parce que je dois le faire pour me sentir bien avec moi-même.	1	2	3	4	5	6	7

Clé de codification

# 1, 6,11	Motivation intrinsèque
# 7, 10, 13	Motivation extrinsèque - intégrée
# 4, 12, 16	Motivation extrinsèque - identifiée
# 3, 14, 18	Motivation extrinsèque - introjectée
# 9, 15, 17	Motivation extrinsèque - régulation externe
# 2, 5, 8	Amotivation

F.3. Échelle d'Utilisabilité du Système, version française (F-SUS [61])

Les utilisateurs devaient donner à chaque item un score de 1 (faible) à 10 (fort).

- Je voudrais utiliser ce système fréquemment.
- Ce système est inutilement complexe.
- Ce système est facile à utiliser.
- J'aurais besoin du soutien d'un technicien pour être capable d'utiliser ce système.
- Les différentes fonctionnalités de ce système sont bien intégrées.
- Il y a trop d'incohérences dans ce système.
- La plupart des gens apprendront à utiliser ce système très rapidement.
- Ce système est très lourd à utiliser.
- Je me suis senti·e très en confiance en utilisant ce système.
- J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir utiliser ce système.

F.4. Questionnaire International d'Activité Physique (IPAQ [34])

INTERNATIONAL PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE
(version française – Juillet 2003)

Nous nous intéressons aux différents types d'activités physiques que vous faites dans votre vie quotidienne. Les questions suivantes portent sur le temps que vous avez passé à être actif physiquement au cours des **7 derniers jours**. Répondez à chacune de ces questions même si vous ne vous considérez pas comme une personne active. Les questions concernent les activités physiques que vous faites au travail, dans votre maison ou votre jardin, pour vos déplacements, et pendant votre temps libre.

Pensez à toutes les activités **intenses** que vous avez faites au cours des **7 derniers jours**. Les activités physiques intenses font référence aux activités qui vous demandent un effort physique important et vous font respirer beaucoup plus difficilement que normalement. Pensez seulement aux activités que vous avez effectuées pendant au moins **10 minutes d'affilées**.

1. Au cours des **7 derniers jours**, combien y a-t-il eu de jours au cours desquels vous avez fait des activités physiques **intenses** comme porter des charges lourdes, bêcher, faire du VTT ou jouer au football ?

_____ **jours par semaine**

Je n'ai pas eu d'activité physique intense ➔ **Passez directement à la question 3**

2. Au total, combien de temps avez-vous passé à faire des activités **intenses** au cours des **7 derniers jours** ?

..... **heures(s) par jour** **minutes par jour**

Je ne sais pas

Pensez à toutes les activités **modérées** que vous avez faites au cours des **7 derniers jours**. Les activités physiques modérées font référence aux activités qui vous demandent un effort physique modéré et vous font respirer un peu plus difficilement que normalement. Pensez seulement aux activités que vous avez effectuées pendant au moins **10 minutes d'affilée**.

3. Au cours des **7 derniers jours**, combien y a-t-il eu de jours au cours desquels vous avez fait des activités physiques **modérées** comme porter des charges légères, passer l'aspirateur, faire du vélo tranquillement, ou jouer au volley- ball ? **Ne pas inclure la marche.**

_____ **jours par semaine**

Je n'ai pas eu d'activité physique modérée ➔ **Passez directement à la question 5**

4. Au total, combien de temps avez-vous passé à faire des **activités modérées** au cours des **7 derniers jours** ?

..... heures(s) par jour minutes par jour

Je ne sais pas

Pensez au temps que vous avez passé à **marcher** au cours des **7 derniers jours**. Cela comprend la marche au travail et à la maison, la marche pour vous rendre d'un lieu à un autre, et tout autre type de marche que vous auriez pu faire pendant votre temps libre pour la détente, le sport ou les loisirs.

5. Au cours des **7 derniers jours**, combien y a-t-il eu de jours au cours desquels vous avez **marché** pendant **au moins 10 minutes d'affilée**.

_____ jours par semaine

Je n'ai pas fait de marche → **Passez directement à la question 7**

6. Au total, combien de temps avez-vous passé à **marcher** au cours des **7 derniers jours** ?

..... heures(s) par jour minutes par jour

Je ne sais pas

La dernière question porte sur le **temps que vous avez passé assis** pendant un jour de semaine, au cours des **7 derniers jours**. Cela comprend le temps passé assis au travail, à la maison, lorsque vous étudiez et pendant votre temps libre. Il peut s'agir par exemple du temps passé assis à un bureau, chez des amis, à lire, à être assis ou allongé pour regarder la télévision.

7. Au cours des **7 derniers jours**, combien de temps avez-vous passé **assis** pendant un **jour de semaine** ?

..... heures(s) par jour minutes par jour

Je ne sais pas

Le questionnaire est terminé. Merci pour votre participation.

F.5. Questionnaire Hexad [137]

Questionnaire Hexad

Adapté de Hallifax, 2020.

Philanthrope :

- Je suis content(e) quand les autres le sont
- J'aime aider les gens dans des nouvelles situations
- J'aime partager mon savoir avec les autres
- J'aime aider les autres

Sociabilisateur :

- J'aime faire partie d'une équipe
- J'aime les activités de groupe
- J'aime interagir avec les autres
- J'ai besoin d'appartenir à un groupe

Esprit Libre :

- Je laisse souvent ma curiosité me guider
- J'aime être indépendant
- J'aime faire mes propres choix
- J'aime essayer de nouvelles choses

Accomplisseur :

- J'aime surmonter des obstacles
- J'ai du mal à abandonner un problème sans avoir trouvé la solution
- J'aime les tâches difficiles
- J'ai besoin de finir ce que j'ai commencé

Disrupteur :

- Je n'aime pas suivre les règles
- Je me perçois comme étant rebelle
- J'aime remettre en question les consignes
- J'aime provoquer

Joueur :

- J'aime être récompensé pour mes efforts
- Je suis prêt à faire des efforts pour une récompense
- Je suis motivé par les récompenses
- J'aime les compétitions où je peux gagner des prix

Comment utiliser l'échelle :

Demander aux utilisateurs de noter à quelle point chaque item leur correspond sur une échelle de Likert à 7 niveaux.

Les items doivent être présentés sans identifier le type correspondant et dans un ordre aléatoire .

Sommez les scores (ou faites la moyenne) pour chaque item qui correspond à chaque type

Références

Stuart Hallifax. Adaptive gamification of digital learning environments. Human-Computer Interaction [cs.HC]. Université Jean Moulin Lyon 3, 2020. English. NNT : 2020LYSE3064. tel-03125624f

Gustavo F. Tondello, Rina R. Wehbe, Lisa Diamond, Marc Busch, Andrzej Marczewski, and Lennart E. Nacke. 2016. The Gamification User Types Hexad Scale. In Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play - CHI PLAY '16. Austin, TX, USA. ACM. <http://doi.org/10.1145/2967934.2968082>

Gustavo F. Tondello, Alberto Mora, Andrzej Marczewski, and Lennart E. Nacke. 2018. Empirical Validation of the Gamification User Types Hexad Scale in English and Spanish. International Journal of Human-Computer Studies. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.10.002>

F.6. Questionnaire de Persuasion Perçue (PPQ [77])

PPQ FR

Traduit et adapté de :

Beerlage-de Jong N, Kip H, Kelders S

Evaluation of the Perceived Persuasiveness Questionnaire: User-Centered Card-Sort Study

J Med Internet Res 2020;22(10):e20404

URL: <https://www.jmir.org/2020/10/e20404>

DOI: 10.2196/20404

Soutien de la tâche principale

- L'application PADME me donne les moyens de marcher.
- L'application PADME m'aide à marcher.
- L'application PADME m'aide à changer mes habitudes de marche.

Soutien du dialogue

- L'application PADME me fournit un retour d'information approprié.
- L'application PADME me fournit des conseils appropriés.
- L'application PADME m'encourage.

Crédibilité perçue

- L'application PADME est digne de confiance.
- L'application PADME est fiable.
- L'application PADME fait preuve d'expertise.
- L'application PADME inspire confiance.
- L'application PADME est clairement faite par des professionnels de santé.

Soutien social

- Je bénéficie du soutien de mes pairs par le biais de l'application PADME lorsque j'en ai besoin.
- Grâce à l'application PADME, je peux partager mes expériences avec mes pairs.
- Apprendre des actions de mes pairs est bénéfique pour moi.

Discrétion

- L'utilisation de l'application PADME s'intègre dans ma vie quotidienne.
- L'utilisation de l'application PADME perturbe mes routines quotidiennes. (Item inversé)
- Utiliser l'application PADME est pratique / commode pour moi.
- Trouver le temps d'utiliser l'application PADME n'est pas un problème pour moi.

Persuasion perçue

- L'application PADME a une influence sur moi.
- L'application PADME est pertinente pour moi.
- L'application PADME me fait reconsidérer mes habitudes de marche.

Effort perçu

- L'utilisation de l'application PADME ne me demande pas beaucoup d'efforts.
- L'utilisation de l'application PADME est simple pour moi.
- L'utilisation de l'application PADME est laborieuse. (Item inversé)

Efficacité perçue

- Mes chances de marcher davantage s'améliorent en utilisant l'application PADME.
- A mon avis, l'utilisation de l'application PADME a un effet sur ma marche quotidienne.
- A mon avis, l'application PADME n'a aucun effet sur ma marche quotidienne. (Item inversé)

Poursuite de l'utilisation

- Je vais continuer à utiliser l'application PADME.
- J'utiliserai l'application PADME à l'avenir.
- J'envisage de cesser d'utiliser l'application PADME. (Item inversé)
- Je ne vais pas utiliser l'application PADME à partir de maintenant. (Item inversé)

Annexe G - Avis du CER PS

G.1. Avis du CER PS numéro CER-Paris-Saclay-2021-093

**Avis donné par les membres du Comité d’Ethique pour la Recherche (CER) de
l’Université Paris-Saclay**

Numéro de dossier: 352

Titre de l’étude : Etude de l’adaptation de messages motivationnels quotidiens pour la marche

Date de l’étude : à réception de l’avis

Demandeur de l’étude : Jean-Claude MARTIN

Date de réception de la demande : 23 septembre 2021

Etablissement et laboratoire de rattachement : CNRS-LISN

Lieu(x) de l’étude : chez les participants et sur leurs lieux de déplacement (application installée sur leur téléphone)

Date d’émission de l’avis : le 6 janvier 2022

Version d’avis : 2

Tenant compte des réponses et spécifications fournies par le demandeur, sur proposition des rapporteurs le comité adopte l’avis suivant :

Avis 1. Favorable.

La référence associée à cet avis est la suivante : CER-Paris-Saclay-2021-093

G.2. Avis du CER PS numéro CER-Paris-Saclay-2021-002

**Avis émis par le Comité d’Ethique pour la Recherche (CER) de
l’Université Paris-Saclay**

Numéro de dossier : 254

Titre de l’étude : Etude de l’adaptation en nombre de pas journalier adapté au niveau d’activité physique de l’utilisateur et à ses performances quotidiennes de marche

Date de l’étude : 18 février 2021-juin 2021

Demandeur de l’étude : Jean Claude Martin

Date de réception de la demande : 09/12/2020

Etablissement et laboratoire de rattachement : CNRS /LIMSI

Lieu(x) de l’étude : domicile et lieux de déplacement des sujets

Version d’avis : 2

Date d’émission de l’avis : 18 février 2021

Avis précédemment donné (si pas 1ère évaluation) : 2

Tenant compte des réponses et spécifications fournies par le demandeur, sur proposition des rapporteurs le comité adopte l’avis suivant :

Avis 1. Favorable.

La référence associée à cet avis est la suivante : CER-Paris-Saclay-2021-002

Bibliographie

- [1] R. Achterkamp et al. « Promoting a healthy lifestyle : Towards an improved personalized feedback approach ». In : *2013 IEEE 15th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services, Healthcom 2013* (2013), p. 725-727. doi : [10.1109/HealthCom.2013.6720772](https://doi.org/10.1109/HealthCom.2013.6720772).
- [2] Marc A. Adams et al. « An adaptive physical activity intervention for overweight adults : A randomized controlled trial ». In : *PLoS ONE* 8.12 (déc. 2013). issn : 19326203. doi : [10.1371/journal.pone.0082901](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082901).
- [3] Marc A. Adams et al. « Adaptive goal setting and financial incentives : a 2 × 2 factorial randomized controlled trial to increase adults' physical activity ». In : *BMC Public Health* 17.1 (2017), p. 1-16. issn : 14712458. doi : [10.1186/s12889-017-4197-8](https://doi.org/10.1186/s12889-017-4197-8).
- [4] Barbara E. Ainsworth et al. « 2011 compendium of physical activities : A second update of codes and MET values ». In : *Medicine and Science in Sports and Exercise* 43.8 (2011), p. 1575-1581. issn : 01959131. doi : [10.1249/MSS.0b013e31821ece12](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821ece12).
- [5] Harm op den Akker, Valerie M. Jones et Hermie J. Hermens. « Tailoring real-time physical activity coaching systems : a literature survey and model ». In : *User Modeling and User-Adapted Interaction* 24.5 (oct. 2014), p. 351-392. issn : 15731391. doi : [10.1007/s11257-014-9146-y](https://doi.org/10.1007/s11257-014-9146-y).
- [6] Harm op den Akker et al. « Tailored motivational message generation : A model and practical framework for real-time physical activity coaching ». In : *Journal of Biomedical Informatics* 55.55 (2015), p. 104-115. issn : 15320464. doi : [10.1016/j.jbi.2015.03.005](https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.03.005).
- [7] Noora Aldenaini et al. « Trends in persuasive technologies for physical activity and sedentary behavior : a systematic review ». In : *Frontiers in artificial intelligence* 3 (2020), p. 7.
- [8] Manal Almalki, Kathleen Gray et Fernando Martin Sanchez. « The use of self-quantification systems for personal health information : big data management activities and prospects ». In : *Health Information Science and Systems* 3.S1 (fév. 2015), S1. issn : 2047-2501. doi : [10.1186/2047-2501-3-s1-s1](https://doi.org/10.1186/2047-2501-3-s1-s1).
- [9] Alaa Alslaity, Gerry Chan et Rita Orji. « A panoramic view of personalization based on individual differences in persuasive and

- behavior change interventions ». In : *Frontiers in Artificial Intelligence* 6 (2023).
- [10] Anthony J. Amorose et Dawn Anderson-Butcher. « Autonomy-supportive coaching and self-determined motivation in high school and college athletes : A test of self-determination theory ». In : *Psychology of Sport and Exercise* 8.5 (2007), p. 654-670. issn : 14690292. doi : [10.1016/j.psychsport.2006.11.003](https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.11.003).
- [11] Leonardo Angelini et al. « The NESTORE e-Coach : Designing a Multi-Domain Pathway to Well-Being in Older Age † ». In : *Technologies* 10.2 (2022). issn : 22277080. doi : [10.3390/technologies10020050](https://doi.org/10.3390/technologies10020050).
- [12] G. Baker, N. Mutrie et R. Lowry. « A comparison of goals set in steps using a pedometer and goals set in minutes : A randomized controlled trial ». In : *International Journal of Health Promotion and Education* 49.2 (2011), p. 60-68. issn : 14635240. doi : [10.1080/14635240.2011.10708210](https://doi.org/10.1080/14635240.2011.10708210).
- [13] Albert Bandura. « Social cognitive theory of self-regulation ». In : *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50.2 (1991), p. 248-287. issn : 07495978. doi : [10.1016/0749-5978\(91\)90022-L](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90022-L).
- [14] Richard Bartle. « Hearts, clubs, diamonds, spades : Players who suit MUDs ». In : *Journal of MUD research* 1.1 (1996), p. 19.
- [15] Nicola Bartoli et Simone Benedetto. « Driven by notifications—exploring the effects of badge notifications on user experience ». In : *Plos one* 17.6 (2022), e0270888.
- [16] Michel Beaudouin-Lafon. « Designing interaction, not interfaces ». In : *Proceedings of the Workshop on Advanced Visual Interfaces AVI. AVI '04*. New York, NY, USA : Association for Computing Machinery, 2004, p. 15-22. isbn : 1581138679. doi : [10.1145/989863.989865](https://doi.org/10.1145/989863.989865).
- [17] Daniel Berdichevsky et Erik Neunshwander. « Toward an ethics of persuasive technology ». In : *Communications of the ACM* 42.5 (mai 1999), p. 51-58. issn : 00010782. doi : [10.1145/301353.301410](https://doi.org/10.1145/301353.301410).
- [18] Pavol Bielik et al. « Move2Play : an innovative approach to encouraging people to be more physically active ». In : *Proceedings of the 2nd ACM SIGHIT international health informatics symposium*. 2012, p. 61-70.
- [19] Pradipta Biswas et Mark Springett. « User modeling ». In : *The Wiley Handbook of Human Computer Interaction* 1 (2018), p. 143-169.
- [20] Julie Boiché et al. « Development and validation of the 'Echelle de Motivation envers l'Activité Physique en contexte de Santé' :

- A motivation scale towards health-oriented physical activity in French ». In : *Journal of Health Psychology* 24.3 (2019), p. 386-396. issn : 14617277. doi : [10.1177/1359105316676626](https://doi.org/10.1177/1359105316676626).
- [21] Sarah Bouzit et al. « The PDA-LPA design space for user interface adaptation ». In : *Proceedings - International Conference on Research Challenges in Information Science*. 2017, p. 353-364. isbn : 9781509054763. doi : [10.1109/RCIS.2017.7956559](https://doi.org/10.1109/RCIS.2017.7956559).
- [22] Dena M. Bravata et al. « Using pedometers to increase physical activity and improve health : A systematic review ». In : *Journal of the American Medical Association* 298.19 (2007), p. 2296-2304. issn : 00987484. doi : [10.1001/jama.298.19.2296](https://doi.org/10.1001/jama.298.19.2296).
- [23] Maurizio Caon et al. « PEGASO e-diary : user engagement and dietary behavior change of a mobile food record for adolescents ». In : *Frontiers in Nutrition* 9 (2022), p. 727480.
- [24] F. Carmagnola, F. Cena et C. Gena. « User model interoperability : A survey ». In : *User Modeling and User-Adapted Interaction* 21.3 (fév. 2011), p. 285-331. issn : 09241868. doi : [10.1007/s11257-011-9097-5](https://doi.org/10.1007/s11257-011-9097-5).
- [25] Daniela Caso et al. « Using Messages Targeting Psychological versus Physical Health Benefits to Promote Walking Behaviour : A Randomised Controlled Trial ». In : *Applied Psychology : Health and Well-Being* 13.1 (2021), p. 152-173. issn : 17580854. doi : [10.1111/aphw.12224](https://doi.org/10.1111/aphw.12224).
- [26] Victoria A. Catenacci et Holly R. Wyatt. « America on the Move ». In : *Medical Clinics of North America* 91.6 (2007), p. 1079-1089. issn : 00257125. doi : [10.1016/j.mcna.2007.06.011](https://doi.org/10.1016/j.mcna.2007.06.011).
- [27] Joseph Cesario, Heidi Grant et E. Tory Higgins. « Regulatory Fit and Persuasion : Transfer from "Feeling Right" ». In : *Journal of Personality and Social Psychology* 86.3 (2004), p. 388-404. issn : 00223514. doi : [10.1037/0022-3514.86.3.388](https://doi.org/10.1037/0022-3514.86.3.388).
- [28] Umar A.R. Chaudhry et al. « The effects of step-count monitoring interventions on physical activity : Systematic review and meta-analysis of community-based randomised controlled trials in adults ». In : *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 17.1 (déc. 2020). issn : 14795868. doi : [10.1186/s12966-020-01020-8](https://doi.org/10.1186/s12966-020-01020-8).
- [29] Mauro Cherubini et al. « The unexpected downside of paying or sending messages to people to make them walk ». In : *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 27.2 (mars 2020). issn : 15577325. doi : [10.1145/3365665](https://doi.org/10.1145/3365665).
- [30] Boris Cheval et Matthieu P. Boisgontier. « The Theory of Effort Minimization in Physical Activity ». In : *Exercise and Sport Sciences*

- Reviews* 49.3 (2021), p. 168-178. issn : 15383008. doi : [10 . 1249 / JES . 000000000000252](https://doi.org/10.1249/JES.000000000000252).
- [31] Céline Clavel et Jean Claude Martin. « PERMUTATION : A corpus-based approach for modeling personality and multimodal expression of affects in virtual characters ». In : *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. T. 5620 LNCS. 2009, p. 211-220. isbn : 364202808X. doi : [10 . 1007 / 978 - 3 - 642 - 02809 - 0 _ 23](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02809-0_23).
- [32] Sunny Consolvo et al. « Goal-setting considerations for persuasive technologies that encourage physical activity ». In : *ACM International Conference Proceeding Series* 350 (2009). doi : [10 . 1145 / 1541948 . 1541960](https://doi.org/10.1145/1541948.1541960).
- [33] Paul Costa et Robert McCrae. « A five-factor theory of personality ». In : *Handbook of Personality : Theory and Research*. January 1999. 1999. Chap. A Five-Fac, p. 139-153.
- [34] Cora L. Craig et al. « International physical activity questionnaire : 12-Country reliability and validity ». In : *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35.8 (2003), p. 1381-1395. issn : 01959131. doi : [10 . 1249 / 01 . MSS . 0000078924 . 61453 . FB](https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB).
- [35] CREDOC. « BAROMÈTRE DU NUMÉRIQUE - ÉDITION 2022 ». In : (2022), p. 1-313.
- [36] Karen A. Croteau, Vijayurani Suresh et Elanna Farnham. « Efficacy of using physical activity mentors to increase the daily steps of older adults in the primary care setting : A pilot study ». In : *Journal of Aging and Physical Activity* 22.1 (2014), p. 16-24. issn : 10638652. doi : [10 . 1123 / JAPA . 2012 - 0120](https://doi.org/10.1123/JAPA.2012-0120).
- [37] Karen A. Croteau et al. « Effect of a pedometer-based intervention on daily step counts of community-dwelling older adults ». In : *Research Quarterly for Exercise and Sport* 78.5 (2007), p. 401-406. issn : 21683824. doi : [10 . 1080 / 02701367 . 2007 . 10599439](https://doi.org/10.1080/02701367.2007.10599439).
- [38] Ellen Crowe et E. Tory Higgins. « Regulatory focus and strategic inclinations : Promotion and prevention in decision-making ». In : *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 69.2 (1997), p. 117-132. issn : 07495978. doi : [10 . 1006 / obhd . 1996 . 2675](https://doi.org/10.1006/obhd.1996.2675).
- [39] Mihaly Csikszentmihalyi. « Flow : the psychology of optimal experience ». In : *Harper and Row, New York*. 1990.
- [40] Edward L Deci et al. « Conceptualizations of intrinsic motivation and self-determination ». In : *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior* (1985), p. 11-40.

- [41] Edward L. Deci et Richard M. Ryan. « Self-determination theory : A macrotheory of human motivation, development, and health ». In : *Canadian Psychology*. T. 49. 3. 2008, p. 182-185. doi : [10.1037/a0012801](https://doi.org/10.1037/a0012801).
- [42] Marit G.H. Dekker-Van Weering, Miriam M.R. Vollenbroek-Hutten et Hermie J. Hermens. « Do personalized feedback messages about activity patterns stimulate patients with chronic low back pain to change their activity behavior on a short term notice ? » In : *Applied Psychophysiology Biofeedback* 37.2 (2012), p. 81-89. issn : 10900586. doi : [10.1007/s10484-012-9181-6](https://doi.org/10.1007/s10484-012-9181-6).
- [43] Sebastian Deterding et al. « From game design elements to gamefulness : Defining "gamification" ». In : *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference : Envisioning Future Media Environments, MindTrek 2011*. 2011, p. 9-15. isbn : 9781450308168. doi : [10.1145/2181037.2181040](https://doi.org/10.1145/2181037.2181040).
- [44] Amira Dhouib, Christophe Kolski et Mahmoud Neji. « Toward a web-based multi-criteria decision support system for the layered evaluation of interactive adaptive systems ». In : *Universal Access in the Information Society* 22.2 (2023), p. 415-443.
- [45] Amira Dhouib et al. « ISO/IEC 25040 Adaptation for Interactive Adaptive Systems Evaluation ». In : *2021 14th International Conference on Human System Interaction (HSI)*. IEEE. 2021, p. 1-6.
- [46] Thérèse Dries-Tônnes. « Interfaces Homme-Machine et Théorie du Regulatory Fit : les caractéristiques graphiques d'interfaces Homme-Machine comme moyen d'adapter l'orientation stratégique des utilisateurs au type de tâche ». Thèse de doct. Université Paul Valéry - Montpellier III, 2015, p. 107. url : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01271731>.
- [47] Elisabetta Erriquez et Floriana Grasso. « Generation of personalised advisory messages : An ontology based approach ». In : *Proceedings - IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems* (2008), p. 437-442. issn : 10637125. doi : [10.1109/CBMS.2008.103](https://doi.org/10.1109/CBMS.2008.103).
- [48] Caroline Faur. « Approche computationnelle du regulatory focus pour des agents interactifs : un pas vers une personnalité artificielle ». Thèse de doct. Paris Saclay, 2016, p. 209. url : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01401276>.
- [49] Caroline Faur, Jean-Claude Claude Martin et Céline Clavel. « Measuring chronic regulatory focus with proverbs : The developmental and psychometric properties of a French scale ». In : *Personality and Individual Differences* 107 (2017), p. 137-145. issn : 01918869. doi : [10.1016/j.paid.2016.11.037](https://doi.org/10.1016/j.paid.2016.11.037).

- [50] W Holmes Finch. « Using fit statistic differences to determine the optimal number of factors to retain in an exploratory factor analysis ». In : *Educational and psychological measurement* 80.2 (2020), p. 217-241.
- [51] Gerhard Fischer. « User modeling in human-computer interaction ». In : *User Modeling and User-Adapted Interaction* 11.1-2 (2001), p. 65-86. issn : 09241868. doi : [10.1023/A:1011145532042](https://doi.org/10.1023/A:1011145532042).
- [52] Kieran Fraser, Bilal Yousuf et Owen Conlan. « Scrutable and persuasive push-notifications ». In : *International Conference on Persuasive Technology*. Springer. 2019, p. 67-73.
- [53] Paul T Fuglestad, Alexander J Rothman et Jennifer A Linde. « Applying Regulatory Focus Theory to Encourage Weight Loss in a Self-directed Intervention ». In : *International Journal of Behavioral Medicine* (2023). issn : 1532-7558. doi : [10.1007/s12529-023-10180-3](https://doi.org/10.1007/s12529-023-10180-3).
- [54] Theodosia Georgiou et Yiannis Demiris. « Adaptive user modeling in car racing games using behavioural and physiological data ». In : *User Modeling and User-Adapted Interaction* 27.2 (2017), p. 267-311. issn : 15731391. doi : [10.1007/s11257-017-9192-3](https://doi.org/10.1007/s11257-017-9192-3).
- [55] Eva Geurts et al. « WalkWithMe : Personalized goal setting and coaching for walking in people with multiple sclerosis ». In : *ACM UMAP 2019 - Proceedings of the 27th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*. 2019, p. 51-60. isbn : 9781450360210. doi : [10.1145/3320435.3320459](https://doi.org/10.1145/3320435.3320459).
- [56] Suparna Ghanvatkar, Atreyi Kankanhalli et Vaibhav Rajan. « User models for personalized physical activity interventions : Scoping review ». In : *JMIR mHealth and uHealth* 7.1 (jan. 2019), e11098. issn : 22915222. doi : [10.2196/11098](https://doi.org/10.2196/11098). url : <http://mhealth.jmir.org/2019/1/e11098/>.
- [57] Camille Gobert et al. « SAM : a modular framework for self-adapting web menus ». In : *Proceedings of the 24th international conference on intelligent user interfaces*. 2019, p. 481-484.
- [58] Mark Goss-Sampson. *Statistical analysis in JASP : A guide for students*. 2019.
- [59] Mark P. Graus et Bruce Ferwerda. « Theory-grounded user modeling for personalized HCI ». In : *Personalized Human-Computer Interaction*. Walter de Gruyter, 2019. Chap. 1, p. 1-30. doi : [10.1515/9783110552485-001](https://doi.org/10.1515/9783110552485-001).
- [60] Allene L Gremaud et al. « Gamifying accelerometer use increases physical activity levels of sedentary office workers ». In : *Journal of the American Heart Association* 7.13 (2018), e007735.

- [61] Guillaume Gronier et Alexandre Baudet. « Psychometric Evaluation of the F-SUS : Creation and Validation of the French Version of the System Usability Scale ». In : *International Journal of Human-Computer Interaction* 37.16 (2021), p. 1571-1582. issn : 15327590. doi : [10.1080/10447318.2021.1898828](https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1898828).
- [62] Ségolène M.R. Guérin et al. « #RestezChezVous : Importance des habitudes sportives et de l'environnement de vie pour prévenir les inégalités de mal-être et de sédentarité pendant le confinement COVID-19. » In : *Canadian Psychology* 62.1 (2021), p. 32-43. issn : 07085591. doi : [10.1037/cap0000276](https://doi.org/10.1037/cap0000276).
- [63] Stuart Hallifax. « Adaptive gamification of digital learning environments ». Thèse de doct. 2020. url : <http://www.theses.fr/2020LYSE3064/document>.
- [64] Stuart Hallifax et al. « Factors to consider for tailored gamification ». In : *CHI PLAY 2019 - Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play* (2019), p. 559-572. doi : [10.1145/3311350.3347167](https://doi.org/10.1145/3311350.3347167).
- [65] Juho Hamari, Jonna Koivisto et Tuomas Pakkanen. « Do persuasive technologies persuade? - A review of empirical studies ». In : *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. T. 8462 LNCS. 2014, p. 118-136. doi : [10.1007/978-3-319-07127-5_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07127-5_11).
- [66] Melvyn R.W. Hamstra, Jan Willem Bolderdijk et Janet L. Veldstra. « Everyday risk taking as a function of regulatory focus ». In : *Journal of Research in Personality* 45.1 (2011), p. 134-137. issn : 00926566. doi : [10.1016/j.jrp.2010.11.017](https://doi.org/10.1016/j.jrp.2010.11.017).
- [67] Md Sanaul Haque, Maarit Kangas et Timo Jämsä. « A persuasive mHealth behavioral change intervention for promoting physical activity in the workplace : feasibility randomized controlled trial ». In : *JMIR formative research* 4.5 (2020), e15083.
- [68] Elaine Anne Hargreaves, Nanette Mutrie et Jade Dallas Fleming. « A web-based intervention to encourage walking (stepwise) : Pilot randomized controlled trial ». In : *JMIR Research Protocols* 5.1 (jan. 2016), p. 1-17. issn : 19290748. doi : [10.2196/resprot.4288](https://doi.org/10.2196/resprot.4288).
- [69] Haute Autorité de Santé. *Guide de promotion, consultation et prescription médicale d'activité physique et sportive pour la santé - chez les adultes*. Rapp. tech. HAS, 2019, p. 1-17. url : www.has-sante.fr.
- [70] Thomas Hewett et al. *ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction*. 1992. doi : [10.1145/2594128](https://doi.org/10.1145/2594128).
- [71] E. Tory Higgins. « Promotion and Prevention : Regulatory Focus as A Motivational Principle ». In : *Advances in Experimental Social*

- Psychology* 30.C (1998), p. 1-46. issn : 00652601. doi : [10.1016/S0065-2601\(08\)60381-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60381-0).
- [72] E. Tory Higgins et al. « Ideal Versus Ought Predilections for Approach and Avoidance : Distinct Self-Regulatory Systems ». In : *Journal of Personality and Social Psychology* 66.2 (1994), p. 276-286. issn : 00223514. doi : [10.1037/0022-3514.66.2.276](https://doi.org/10.1037/0022-3514.66.2.276).
- [73] E. Tory Higgins et al. « Achievement orientations from subjective histories of success : Promotion pride versus prevention pride ». In : *European Journal of Social Psychology* 31.1 (2001), p. 3-23. issn : 00462772. doi : [10.1002/ejsp.27](https://doi.org/10.1002/ejsp.27).
- [74] Jill Hollembeak et Anthony J. Amorose. « Perceived coaching behaviors and college athletes' intrinsic motivation : A test of self-determination theory ». In : *Journal of Applied Sport Psychology* 17.1(2005), p. 20-36. issn : 10413200. doi : [10.1080/10413200590907540](https://doi.org/10.1080/10413200590907540).
- [75] Frank Hopfgartner, Judy Kay et Amon Rapp. *Preface to the special issue on harnessing personal tracking data for personalization and sense-making*. Juill. 2020. doi : [10.1007/s11257-020-09271-7](https://doi.org/10.1007/s11257-020-09271-7).
- [76] INSERM. *Activité physique : prévention et traitement des maladies chroniques, expertise collective, synthèse et recommandations*. 2019, XVI-805 p. isbn : 9782759823291. url : <http://hdl.handle.net/10608/9690>.
- [77] Nienke Beerlage De Jong, Hanneke Kip et Saskia Marion Kelders. « Evaluation of the Perceived Persuasiveness Questionnaire : User-Centered Card-Sort Study ». In : *Journal of Medical Internet Research* 22.10 (2020). issn : 14388871. doi : [10.2196/20404](https://doi.org/10.2196/20404).
- [78] Gyuwon Jung et Jio Oh. « Good enough! : Flexible goal achievement with margin-based outcome evaluation ». In : *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. 2021. isbn : 9781450380966. doi : [10.1145/3411764.3445608](https://doi.org/10.1145/3411764.3445608).
- [79] Saim Kashmiri, Prachi Gala et Cameron Duncan Nicol. « Seeking pleasure or avoiding pain : Influence of CEO regulatory focus on firms' advertising, R&D, and marketing controversies ». In : *Journal of Business Research* 105.August 2017 (2019), p. 227-242. issn : 01482963. doi : [10.1016/j.jbusres.2019.08.022](https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.08.022).
- [80] Reza Khoshkangini, Giuseppe Valetto et Annapaola Marconi. « Generating personalized challenges to enhance the persuasive power of gamification ». In : *CEUR Workshop Proceedings*. T. 1833. 2017, p. 70-83.
- [81] Abby C King et al. « Harnessing different motivational frames via mobile phones to promote daily physical activity and reduce sedentary behavior in aging adults ». In : *PloS one* 8.4 (2013), e62613.

- [82] Michel C.A. Klein, Adnan Manzoor et Julia S. Mollee. « Active2Gether : A personalized m-health intervention to encourage physical activity ». In : *Sensors (Switzerland)* 17.6 (2017), p. 1-16. issn : 14248220. doi : [10.3390/s17061436](https://doi.org/10.3390/s17061436).
- [83] Ana Carolina Tomé Klock et al. « Tailored gamification : A review of literature ». In : *International Journal of Human-Computer Studies* 144 (2020), p. 102495.
- [84] Jonna Koivisto et Juho Hamari. « Gamification of physical activity : A systematic literature review of comparison studies ». In : *CEUR Workshop Proceedings* 2359 (2019), p. 106-117. issn : 16130073.
- [85] Jeanine Krath, Linda Schürmann et Harald F.O. von Korflesch. « Revealing the theoretical basis of gamification : A systematic review and analysis of theory in research on gamification, serious games and game-based learning ». In : *Computers in Human Behavior* 125 (déc. 2021). issn : 07475632. doi : [10.1016/j.chb.2021.106963](https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106963).
- [86] Matthew W Kreuter et al. « Are tailored health education materials always more effective than non-tailored materials? » In : *Health education research* 15.3 (2000), p. 305-315.
- [87] Manon Laroche. « Contribution à l'analyse de la pratique de l'activité physique en contexte de santé : les apports des orientations régulatrices ». Thèse de doct. Aix-Marseille, 2019.
- [88] Manon Laroche et al. « Understanding the dynamics of physical activity practice in the health context through Regulatory Focus and Self-Determination theories ». In : *PLoS ONE* 14.8 (2019), p. 1-15. issn : 19326203. doi : [10.1371/journal.pone.0216760](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216760).
- [89] Amy E Latimer et al. « Ideas for promoting physical activity. » In : *Functional U* 7.5 (2009), p. 16-19. issn : 18149189. doi : [10.1016/j.jesp.2007.07.013.A](https://doi.org/10.1016/j.jesp.2007.07.013.A).
- [90] Élise Lavoué et al. « Adaptive Gamification for Learning Environments ». In : *IEEE Transactions on Learning Technologies* 12.1 (2019), p. 16-28. issn : 19391382. doi : [10.1109/TLT.2018.2823710](https://doi.org/10.1109/TLT.2018.2823710).
- [91] Angela Y. Lee et Jennifer L. Aaker. « Bringing the Frame into Focus : The Influence of Regulatory Fit on Processing Fluency and Persuasion ». In : *Journal of Personality and Social Psychology* 86.2 (2004), p. 205-218. issn : 00223514. doi : [10.1037/0022-3514.86.2.205](https://doi.org/10.1037/0022-3514.86.2.205).
- [92] Angela Y. Lee et E. Tory Higgins. « The persuasive power of regulatory fit ». In : *Social Psychology of Consumer Behavior*. Jan. 2008, p. 319-333. isbn : 9781441605283. doi : [10.4324/9781441605283](https://doi.org/10.4324/9781441605283).
- [93] Brian Y. Lim, Judy Kay et Weiling Liu. « How Does a Nation Walk? » In : *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and*

- Ubiquitous Technologies* 3.2 (2019), p. 1-46. issn : 2474-9567. doi : [10.1145/3328928](https://doi.org/10.1145/3328928).
- [94] Edwin A. Locke et Gary P. Latham. « Building a practically useful theory of goal setting and task motivation : A 35-year odyssey ». In : *American Psychologist* 57.9 (2002), p. 705-717. issn : 0003066X. doi : [10.1037/0003-066X.57.9.705](https://doi.org/10.1037/0003-066X.57.9.705).
- [95] Víctor López-Jaquero et al. « Towards an extended model of user interface adaptation : The isatine framework ». In : *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. T. 4940 LNCS. Jan. 2008, p. 374-392. isbn : 3540926976. doi : [10.1007/978-3-540-92698-6_23](https://doi.org/10.1007/978-3-540-92698-6_23).
- [96] Gale M. Lucas et al. « Effects of perceived agency and message tone in responding to a virtual personal trainer ». In : *Proceedings of the 18th International Conference on Intelligent Virtual Agents, IVA 2018*. ACM, 2018, p. 247-254. isbn : 9781450360135. doi : [10.1145/3267851.3267855](https://doi.org/10.1145/3267851.3267855).
- [97] Ramona Ludolph et Peter J. Schulz. « Does regulatory fit lead to more effective health communication? A systematic review ». In : *Social Science and Medicine* 128.128 (2015), p. 142-150. issn : 18735347. doi : [10.1016/j.socscimed.2015.01.021](https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2015.01.021).
- [98] François Mariotti et al. « Avis de l'Anses relatif à l'évaluation des risques liés aux niveaux d'activité physique et de sédentarité des adultes de 18 à 64 ans, hors femmes enceintes et ménopausées To cite this version : HAL Id : anses-03888258 ». In : (2023), p. 1-113.
- [99] Seth S Martin et al. « mActive : a randomized clinical trial of an automated mHealth intervention for physical activity promotion ». In : *Journal of the American Heart Association* 4.11 (2015), e002239.
- [100] William Martin, Clémence Palazzo et Serge Poiraudéau. « Development and Preliminary Psychometrics of the Exercise Therapy Burden Questionnaire for Patients With Chronic Conditions ». In : *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 98.11 (2017), 2188-2195.e6. issn : 1532821X. doi : [10.1016/j.apmr.2017.03.015](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.03.015).
- [101] Josefa L. Martinez et al. « Examining the use of message tailoring to promote physical activity among medically underserved adults ». In : *Journal of Health Psychology* 18.4 (2013), p. 470-476. issn : 13591053. doi : [10.1177/1359105312445798](https://doi.org/10.1177/1359105312445798).
- [102] Alexandre Mazeas et al. « Does gamification improve physical activity? A systematic review and meta-analysis (Preprint) ». In :

- Journal of Medical Internet Research* December (2020). doi : [10.2196/26779](https://doi.org/10.2196/26779).
- [103] Jennifer Mears et Marcus Kilpatrick. « Motivation for exercise : Applying theory to make a difference in adoption and adherence ». In : *ACSM's health & fitness journal* 12.1 (2008), p. 20-26.
- [104] Susan Michie et al. « Developing and evaluating digital interventions to promote behavior change in health and health care : Recommendations resulting from an international workshop ». In : *Journal of Medical Internet Research* 19.6 (2017). issn : 14388871. doi : [10.2196/jmir.7126](https://doi.org/10.2196/jmir.7126).
- [105] Walter Mischel, Yuichi Shoda et Ronald Edward Smith. *Introduction to Personality : Toward an Integration*. Wiley, 2004, p. 512. isbn : 9780471451532.
- [106] Shiwali Mohan, Anusha Venkatakrishnan et Andrea L Hartzler. « Designing an AI health coach and studying its utility in promoting regular aerobic exercise ». In : *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS)* 10.2 (2020), p. 1-30.
- [107] Abdulla S. Al-Mohannadi et al. « Effect of a pedometer-based walking challenge on increasing physical activity levels amongst hospital workers ». In : *Archives of Public Health* 77.1 (sept. 2019). issn : 20493258. doi : [10.1186/s13690-019-0368-7](https://doi.org/10.1186/s13690-019-0368-7).
- [108] Francisco Monteiro-Guerra et al. « Personalization in Real-Time Physical Activity Coaching Using Mobile Applications : A Scoping Review ». In : *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* 24.6 (juin 2020), p. 1738-1751. issn : 21682208. doi : [10.1109/JBHI.2019.2947243](https://doi.org/10.1109/JBHI.2019.2947243).
- [109] Baptiste Monterrat et al. « Les effets d'une ludification adaptative sur l'engagement des apprenants ». In : *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation* 24.1 (2017), p. 51-74. issn : 1764-7223. doi : [10.3406/stice.2017.1725](https://doi.org/10.3406/stice.2017.1725).
- [110] Sean A. Munson et Sunny Consolvo. « Exploring goal-setting, rewards, self-monitoring, and sharing to motivate physical activity ». In : *2012 6th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare and Workshops, PervasiveHealth 2012* (2012), p. 25-32. doi : [10.4108/icst.pervasivehealth.2012.248691](https://doi.org/10.4108/icst.pervasivehealth.2012.248691).
- [111] Jonathan Myers. « Exercise and Cardiovascular Health ». In : *Circulation* 107 (jan. 2003), e2-e5. issn : 00097322. doi : [10.1161/01.CIR.0000048890.59383.8D](https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000048890.59383.8D).
- [112] Jasmin Niess et Paweł W. Woźniak. « Supporting meaningful personal fitness : The tracker goal Evolution Model ». In : *Conference*

- on *Human Factors in Computing Systems - Proceedings* 2018-April (2018), p. 1-12. doi : [10.1145/3173574.3173745](https://doi.org/10.1145/3173574.3173745).
- [113] DONALD A. NORMAN. « Cognitive Engineering ». In : *User Centered System Design* 31 (1986), p. 31-62. doi : [10.1201/b15703-3](https://doi.org/10.1201/b15703-3).
- [114] Harri Oinas-Kukkonen et Marja Harjumaa. « Persuasive systems design : Key issues, process model, and system features ». In : *Communications of the Association for Information Systems* 24.1 (2009), p. 485-500. issn : 15293181. doi : [10.17705/1cais.02428](https://doi.org/10.17705/1cais.02428).
- [115] World Health Organization. *Global Action Plan on Physical Activity 2018-2030 : More Active People for a Healthier World*. DOCUMENTS FOR SALE. World Health Organization, 2019. isbn : 9789241514187.
- [116] Rita Orji et Karyn Moffatt. « Persuasive technology for health and wellness : State-of-the-art and emerging trends ». In : *Health Informatics Journal* 24.1 (2018), p. 66-91. issn : 17412811. doi : [10.1177/1460458216650979](https://doi.org/10.1177/1460458216650979).
- [117] Rita Orji, Gustavo F. Tondello et Lennart E. Nacke. « Personalizing persuasive strategies in gameful systems to gamification user types ». In : *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings* 2018-April. April (2018). doi : [10.1145/3173574.3174009](https://doi.org/10.1145/3173574.3174009).
- [118] Mostafa Papi et Gholam Hassan Khajavy. « Motivational mechanisms underlying second language achievement : A regulatory focus perspective ». In : *Language Learning* 71.2 (2021), p. 537-572.
- [119] Johan Pelssers et al. « "Every Step Counts!" : Effects of a structured walking intervention in a community-based senior organization ». In : *Journal of Aging and Physical Activity* 21.2 (2013), p. 167-185. issn : 1543267X. doi : [10.1123/japa.21.2.167](https://doi.org/10.1123/japa.21.2.167).
- [120] Dorian Peters, Rafael A. Calvo et Richard M. Ryan. « Designing for motivation, engagement and wellbeing in digital experience ». In : *Frontiers in Psychology* 9. MAY (2018). issn : 16641078. doi : [10.3389/fpsyg.2018.00797](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00797).
- [121] Ines Pfeffer. « Regulatory fit messages and physical activity motivation ». In : *Journal of Sport and Exercise Psychology* 35.2 (2013), p. 119-131. issn : 15432904. doi : [10.1123/jsep.35.2.119](https://doi.org/10.1123/jsep.35.2.119).
- [122] Ines Pfeffer, Larissa Lach et Xavier Sanchez. « Self-regulation and healthy lifestyles : considering the future may increase current physical activity levels ». In : *Psychology, Health & Medicine* (2022), p. 1-7.
- [123] Anna Puig-Ribera et al. « Change in work day step counts, wellbeing and job performance in Catalan university employees : A randomised controlled trial ». In : *Global Health Promotion* 15.4 (2008), p. 11-16. issn : 17579759. doi : [10.1177/1025382308097693](https://doi.org/10.1177/1025382308097693).

- [124] Leila Sadat Rezai et al. « Developing Persuasive Health Messages for a Behavior-Change-Support-System That Promotes Physical Activity ». In : *Proceedings of the International Symposium on Human Factors and Ergonomics in Health Care* 6.1 (2017), p. 89-95. issn : 2327-8595. doi : [10.1177/2327857917061020](https://doi.org/10.1177/2327857917061020).
- [125] Hedderik van Rijn, Addie Johnson et Niels Taatgen. « Cognitive User Modeling ». In : *Handbook of human factors in web design*. 2011, p. 527-542. doi : [10.1201/b10855-34](https://doi.org/10.1201/b10855-34).
- [126] Marcela D Rodríguez et al. « CAMMIa : a mobile ambient information system to motivate elders to exercise ». In : *Personal and ubiquitous computing* 17 (2013), p. 1127-1134.
- [127] Richard M Ryan et Edward L Deci. « Intrinsic and extrinsic motivations : Classic definitions and new directions ». In : *Contemporary educational psychology* 25.1 (2000), p. 54-67.
- [128] Michael Sailer et al. « How gamification motivates : An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction ». In : *Computers in Human Behavior* 69 (2017), p. 371-380. issn : 07475632. doi : [10.1016/j.chb.2016.12.033](https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033).
- [129] Samer Muthana Sarsam et Hosam Al-Samarraie. « Towards incorporating personality into the design of an interface : a method for facilitating users' interaction with the display ». In : *User Modeling and User-Adapted Interaction* 28.1 (2018), p. 75-96. issn : 15731391. doi : [10.1007/s11257-018-9201-1](https://doi.org/10.1007/s11257-018-9201-1).
- [130] Anna Shcherbina et al. « The effect of digital physical activity interventions on daily step count : a randomised controlled crossover substudy of the MyHeart Counts Cardiovascular Health Study ». In : *The Lancet Digital Health* 1.7 (2019), e344-e352. issn : 25897500. doi : [10.1016/S2589-7500\(19\)30129-3](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(19)30129-3).
- [131] Gordon B Spence et Lindsay G. Oades. *Coaching with self-determination in mind : Using theory to advance evidence-based coaching practice*. Rapp. tech. 2. 2011, p. 37-55.
- [132] Alycia N. Sullivan et Margie E. Lachman. « Behavior change with fitness technology in sedentary adults : A review of the evidence for increasing physical activity ». In : *Frontiers in Public Health* 4.JAN (2017). issn : 22962565. doi : [10.3389/FPUBH.2016.00289](https://doi.org/10.3389/FPUBH.2016.00289).
- [133] Monique Tabak, Harm Op den Akker et Hermie Hermens. « Motivational cues as real-time feedback for changing daily activity behavior of patients with COPD ». In : *Patient Education and Counseling* 94.3 (2014), p. 372-378. issn : 07383991. doi : [10.1016/j.pec.2013.10.014](https://doi.org/10.1016/j.pec.2013.10.014).

- [134] Su-Mae Tan, Tze Wei Liew et Chin Lay Gan. « Motivational virtual agent in e-learning : the roles of regulatory focus and message framing ». In : *Information and Learning Sciences* 121 (jan. 2020), p. 37-51. issn : 2398-5348. doi : [10.1108/ILS-09-2019-0088](https://doi.org/10.1108/ILS-09-2019-0088).
- [135] Lie Ming Tang et al. « Defining Adherence ». In : *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* 2.1 (2018), p. 1-22. issn : 2474-9567. doi : [10.1145/3191769](https://doi.org/10.1145/3191769).
- [136] D Thevenin et J Coutaz. « Plasticity of User Interfaces : Framework and Research Agenda ». In : *Agenda* 99 (1999), p. 110-117. doi : [10.1.1.32.8323](https://doi.org/10.1.1.32.8323).
- [137] Gustavo F Tondello et al. « The Gamification User Types Hexad Scale ». In : *CHI PLAY '16 : Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*. 2016, p. 229-243. isbn : 9781450356244.
- [138] E. Tory Higgins. « Beyond pleasure and pain ». In : *American Psychologist* 52.12 (1997), p. 1280-1300. issn : 0003066X. doi : [10.1037/0003-066x.52.12.1280](https://doi.org/10.1037/0003-066x.52.12.1280).
- [139] Catrine Tudor-Locke et al. « How many steps/day are enough? for adults ». In : *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 8.1 (2011), p. 79. issn : 14795868. doi : [10.1186/1479-5868-8-79](https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-79).
- [140] Amos Tversky et Daniel Kahneman. « The framing of decisions and the psychology of choice ». In : *science* 211.4481 (1981), p. 453-458.
- [141] Robert J Vallerand et Edgar E Thill. *Introduction à la psychologie de la motivation*. Études vivantes, 1993.
- [142] Sanne Van Der Weegen et al. « It's LiFe! Mobile and web-based monitoring and feedback tool embedded in primary care increases physical activity : A cluster randomized controlled trial ». In : *Journal of Medical Internet Research* 17.7 (2015). issn : 14388871. doi : [10.2196/jmir.4579](https://doi.org/10.2196/jmir.4579).
- [143] Gabriela Villalobos-Zúñiga et Mauro Cherubini. « Apps That Motivate : a Taxonomy of App Features Based on Self-Determination Theory ». In : *International Journal of Human Computer Studies* 140.April (2020), p. 102449. issn : 10959300. doi : [10.1016/j.ijhcs.2020.102449](https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102449).
- [144] Claudia Villalonga et al. « Ontological modeling of motivational messages for physical activity coaching ». In : *ACM International Conference Proceeding Series* (2017), p. 355-364. doi : [10.1145/3154862.3154926](https://doi.org/10.1145/3154862.3154926).
- [145] Roelof A.J. de Vries et al. « A word of advice : how to tailor motivational text messages based on behavior change theory to

- personality and gender ». In : *Personal and Ubiquitous Computing* 21.4 (2017), p. 675-687. issn : 16174909. doi : [10 . 1007 /s00779-017-1025-1](https://doi.org/10.1007/s00779-017-1025-1).
- [146] Charlotte Wahlich et al. « Primary care pedometer-based walking intervention : mixed-methods results from 3 year follow-up of PACE-UP cluster-randomised controlled trial ». In : *The Lancet* 390 (2017), S11. issn : 01406736. doi : [10 . 1016 /s0140-6736\(17\)32946-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(17)32946-x).
- [147] Shang Wang et Erin Walker. « Providing adaptive feedback in concept mapping to improve reading comprehension ». In : *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings* (2021). doi : [10 . 1145/3411764.3445554](https://doi.org/10.1145/3411764.3445554).
- [148] Marley W Watkins. « Exploratory factor analysis : A guide to best practice ». In : *Journal of Black Psychology* 44.3 (2018), p. 219-246.
- [149] Kevin Werbach et Dan Hunter. *The gamification toolkit : dynamics, mechanics, and components for the win*. University of Pennsylvania Press, 2015.
- [150] Usman Yousaf et al. « From entrepreneurial education to entrepreneurial intention : a sequential mediation of self-efficacy and entrepreneurial attitude ». In : *International Journal of Innovation Science* 13.3 (2020), p. 364-380. issn : 17572231. doi : [10 . 1108 /IJIS-09-2020-0133](https://doi.org/10.1108/IJIS-09-2020-0133).
- [151] Oren Zuckerman et Ayelet Gal-Oz. « Deconstructing gamification : evaluating the effectiveness of continuous measurement, virtual rewards, and social comparison for promoting physical activity ». In : *Personal and Ubiquitous Computing* 18.7 (2014), p. 1705-1719. issn : 16174909. doi : [10 . 1007 /s00779-014-0783-2](https://doi.org/10.1007/s00779-014-0783-2).