



**HAL**  
open science

# Conception et validation d'un jeu d'auto-apprentissage de connaissances sur l'asthme pour le jeune enfant : rôle de la motivation intrinsèque

Alexandra-Alice Delmas-Mitchell Delmas

## ► To cite this version:

Alexandra-Alice Delmas-Mitchell Delmas. Conception et validation d'un jeu d'auto-apprentissage de connaissances sur l'asthme pour le jeune enfant : rôle de la motivation intrinsèque. Psychologie. Université de Bordeaux, 2018. Français. NNT : 2018BORD0137 . tel-01924799

**HAL Id: tel-01924799**

**<https://theses.hal.science/tel-01924799>**

Submitted on 16 Nov 2018

**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.

THÈSE PRÉSENTÉE  
POUR OBTENIR LE GRADE DE  
**DOCTEUR DE**  
**L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX**

ÉCOLE DOCTORALE Sociétés, Politique, Santé Publique

SPÉCIALITÉ Sciences Cognitives & Ergonomie

OPTION Ergonomie

Par Alexandra DELMAS-MITCHELL

**Conception et validation d'un jeu d'auto-apprentissage de  
connaissances sur l'asthme pour le jeune enfant :  
Rôle de la motivation intrinsèque**

Sous la direction de : Hélène SAUZÉON  
(co-directeur : Pierre-Yves OUDEYER)

Soutenue le 10 septembre 2018

Membres du jury :

Dr. HACHET, Martin  
Pr. MAILLART, Christelle  
Pr. TIJUS, Charles  
Dr. FLECK, Stéphanie  
Dr. HACHET, Martin  
Mme. MARTIN-DUPONT, Françoise

Inria BSO  
Université de Liège  
Université Paris VIII  
Université de Lorraine  
Inria BSO  
CETBA

Président  
Rapporteur  
Rapporteur  
Examineur  
Examineur  
Invité

# **Titre : Conception et validation d'un jeu d'auto-apprentissage de connaissances sur l'asthme pour le jeune enfant : rôle de la motivation intrinsèque**

## **Résumé :**

Depuis quelques années, le domaine de la santé numérique est en pleine expansion tant sur les volets de la prévention, des soins ou de l'éducation à la santé. L'asthme, première maladie chronique chez l'enfant, a des conséquences médicales graves (hospitalisations, décès). Actuellement, un des enjeux est de fournir de l'éducation thérapeutique personnalisée dans le but d'améliorer les compétences des enfants en terme d'autogestion de la maladie, et par effet rebond d'améliorer l'évolution de la maladie.

Dans ce contexte, l'objectif général de la thèse était de développer et de valider un outil numérique d'éducation à la santé ciblant de jeunes enfants avec asthme chronique, et ce en collaboration étroite avec le pôle de recherche et développement de la société ItWell. De là, trois volets d'études expérimentales ont été menés.

- Volet « Conception » : dans une première étude (étude 1), les méthodes centrées utilisateur de Conception Participative ont été formalisées pour l'élaboration de serious games ciblant l'éducation thérapeutique d'enfants atteints de maladies chroniques. De là, KidBreath a été conçu pour proposer un programme d'éducation thérapeutique ludique centré sur l'asthme avec pour public cible des jeunes enfants. Celui-ci a fait l'objet d'évaluations auprès d'une population « contrôle » étayant son efficacité pédagogique (connaissance sur l'asthme) et son efficacité pédagogique (type de motivation suscitée, expérience utilisateur, parcours d'apprentissage dans les modules de KidBreath).

- Volet « Validation » : dans une seconde étude (étude 2a), KidBreath a été déployé pendant deux mois auprès d'enfants asthmatiques en condition réelle d'usage et dans un environnement non contrôlé, et ce avec des évaluations à court (1 mois) et à moyen (2 mois) termes. Les principaux résultats ont confirmé l'efficacité et l'efficacité pédagogique auprès du public cible, avec un maintien à 2 mois. Néanmoins, l'amélioration des connaissances liées à l'asthme par KidBreath n'a pas permis de modifier les perceptions des enfants sur l'autogestion de la maladie.

- Volet « Optimisation » : dans une troisième étude (étude 2b), l'automatisation d'un parcours d'apprentissage personnalisé a été implémentée et évaluée dans les mêmes conditions que l'étude précédente. L'efficacité pédagogique de KidBreath a été à nouveau confirmée mais l'amélioration des connaissances liées à l'asthme par KidBreath n'a pas atteint la significativité. De manière intéressante, le niveau atteint de connaissance avec ou sans l'algorithme de personnalisation était similaire alors que le nombre de contenu et le temps consacré dans la condition « avec algorithme de personnalisation » étaient bien inférieurs à ceux observés dans la condition « sans algorithme ». La méthodologie de l'impact des algorithmes a également été utilisée pour les mathématiques (projet Kidlearn), où les résultats ont montré son efficacité pour personnaliser et adapter les contenus pédagogiques selon la progression de l'élève.

Ces travaux ont permis d'extraire un modèle général de conception centrée utilisateur dédié aux serious games à visée thérapeutique détaillant la conception des contenus et formats pédagogiques, et les critères de jugement pour l'évaluation. Les études empiriques (études 1, 2) révèlent l'importance des relations entre efficacité pédagogique (connaissance de la maladie) et efficacité pédagogique (motivation

intrinsèque générée, expérience utilisateur, respect des parcours individualisés d'apprentissage) sans pour autant impacter à court terme les perceptions de la maladie chez l'enfant. L'ensemble des résultats est discuté à la lumière des différents facteurs (durée d'intervention, âge des participants, sévérité de l'asthme, etc) pouvant influencer la transformation connaissance-métaconnaissance. A cela, des perspectives de recherche sont proposées en regard des opportunités offertes par les Systèmes Tutoriels Intelligents (STI) pour la personnalisation des apprentissages.

**Mots clés :** Education Thérapeutique, Système Tutoriel Intelligent, Motivation Intrinsèque, Asthme, Adhésion

---



# **Title: Design and validation of a serious game for self-learning of asthma knowledge in children: role of intrinsic motivation**

## **Abstract:**

In recent years, digital health is an expanding domain in both prevention, care as well as health education. Asthma is the first chronic disease in children and has severe medical outcomes (hospitalization, death). One of the key issues is the personalization of therapeutic education to improve disease self-management skills and as far outcome to improve the disease evolution.

In this context, the general purpose of the thesis aimed to develop and to assess a serious game for health education of children with asthma in collaboration with the ItWell Company. To this end, experimental studies have been divided into three parts.

- “Conception” part: in a first study (study 1), the user-centered methods of Participatory Design have been formalized to develop a design framework for therapeutic education-related serious games targeting children with chronic disease. From this, KidBreath has been designed to propose an edutainment therapeutic educational program for children suffering from asthma. The device has been successfully assessed amongst control children (without asthma) in terms of its pedagogical efficacy (asthma knowledge) and pedagogical efficiency (type of motivation elicited, user experience, and learning path in different contents).

- “Validation” part: in a second study (study 2a), KidBreath has been used by children with asthma over a two-month period in a real-life setting. The main results supported pedagogical efficacy and efficiency of KidBreath for target audience at short-term (1 month) and their maintaining at middle-term (2 month). However, the increase of asthma knowledge after using KidBreath failed to modify children perceptions about disease self-management.

- “Optimization” part: in a third study (study 2b), the implementation of a system that automates the personalization of learning path was assessed in similar condition than the previous one. The KidBreath pedagogical efficiency was also demonstrated without a significant increase of asthma knowledge. Despite this, the learning level achieved with the personalization algorithm was similar than that obtained without the algorithm. Moreover, the number of contents and the time spent in the personalized condition were diminished compared to the non-personalized condition.

The whole of works allowed to extract a general framework of user-centered design for therapeutic serious games which details both instructional content and media formats, as well as judgment criteria for the assessment. Empirical studies (study 1 & 2) revealed the strength of relationships between pedagogical efficacy (disease knowledge) and pedagogical efficiency (intrinsic motivation elicited, user experience, child’s learning path) without short-term impact on the children illness perception. Overall results were discussed in light of different factors, which can bias the transfer from disease knowledge to meta-knowledge (intervention period, age of children, asthma severity etc.). Finally, research perspectives are proposed according to opportunities provided by the Intelligent Tutorial System (ITS) for personalization of learning paths. In particular, a new project named Kidlearn is presented. It is methodologically inspired from the KidBreath project and aimed the algorithm assessment for learning mathematics at primary school level.

**Keywords:** Therapeutic Education, Intelligent Tutoring System, Intrinsic Motivation, Asthma, Adherence

---

**Unité de recherche Handicap Activité Cognition Santé  
HACS**

Laboratoire EA 4136

Université de Bordeaux, site Carreire

zone nord, bât. 1B, 2ème étage

146, Rue Léo Saignat



# Remerciements

« *Tout est possible, du moment qu'on a assez de cran.* » Ginny Weasley, Harry Potter et l'Ordre du Phoenix.

Dans cette fabuleuse aventure qu'est la thèse, la notion de possibilité de la mener à bien a atteint des frontières qui étaient parfois très proches de moi. Pourtant, c'est grâce à vous tous que ces frontières ont pu être reculées. Je complèterai ainsi la citation de Ginny par : « *Tout est possible, du moment qu'on a assez de cran ... et qu'on est bien entouré.* »

Pour cela, des remerciements s'imposent.

Tout d'abord, je voudrais adresser un grand merci aux membres de mon jury pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Ensuite, mes remerciements vont bien sûr à mes deux co-directeurs de thèse, Hélène Sauzéon et Pierre-Yves Oudeyer. Merci Pierre-Yves d'avoir repris le projet alors que le bateau semblait couler et d'avoir réussi à le sauver en trouvant en Hélène le profil parfait dans une telle situation d'urgence. Merci Hélène d'avoir accepté le pari fou que nous te proposons avec Pierre-Yves, de m'avoir soutenu jusqu'au bout et surtout de m'avoir fait confiance du début à la fin. Grâce à ta rigueur et à ta constance dans ton suivi, j'ai pu apprendre, évoluer, mûrir. Je remercie également Manuel pour la pédagogie et l'humilité dont il a fait preuve dans le but de laisser sa place à Hélène.

Je remercie bien entendu Catherine Argillier sans qui cette thèse n'aurait jamais vu le jour. Merci Catherine de m'avoir fait une totale confiance dès le début, de m'avoir fait évoluer pendant trois ans dans un milieu où je me suis découverte des compétences qui me serviront toute ma vie, autant du point de vue professionnel que personnel. Merci de m'avoir soutenu jusqu'au bout, je te souhaite le meilleur pour ItWell.

Je remercie également tous mes collègues d'ItWell, passés et présents, chacun m'ayant apporté soutien et appui. Je garde un merveilleux souvenir de toutes les belles rencontres que j'ai pu faire en ces lieux.

Je souhaite remercier le Dr. Marc Sapène pour m'avoir aidé à construire une équipe de médecins experts, et pour m'avoir laissé participer aux ateliers du CETB. Vous m'avez fait confiance dès le début et continuez encore à m'exprimer votre soutien et votre estime, pour cela je vous en remercie grandement.

Un grand merci à mon équipe de médecins experts : Dr. Puel, Dr. Boisserie-Lacroix, Dr. Andrieux, Dr. Masson. Merci d'avoir fait des heures sup' en participant à mes réunions tardives de brainstorming, et merci d'avoir joué le jeu en me donnant des retours aussi rapides que le permettait votre emploi du temps sur les scénarios pédagogiques.

Un grand merci également à Françoise Martin-Dupont d'avoir donné son aval au nom du CETB, à Nathalie Garcia pour ses qualités de facilitatrices de communication (et pour son aide au hackathon !) et à tous les intervenants du CETB qui m'ont laissé prendre des notes et interviewer les patients lors des ateliers.

Merci également à la Direction des Services Départementaux de l'Éducation Nationale, notamment à Emmanuel Page pour m'avoir permis de recruter des écoles publiques du département pour tester le prototype KidBreath.

Merci à Sophie, Florian, et à la directrice de l'école publique Pierre et Marie Curie de Floirac pour m'avoir « prêté » leurs élèves et qu'ils jouent à KidBreath (même si certains ont tenté de me troller). Merci également à la direction du centre de loisirs de Léognan de m'avoir mis à disposition quelques jeunes vacanciers qui auraient préféré passer leur temps sur leur DS, mais qui ont quand même « joué le jeu ».

Parce que cette thèse n'aurait jamais pu se terminer sans eux, merci à tous mes jeunes utilisateurs, ceux qui étaient en classe comme ceux qui ont testé l'outil à leur domicile malgré les contraintes scolaires. Un grand merci à leurs parents de s'être porté volontaire et d'avoir joué le jeu jusqu'au bout, chacune de nos entrevues fut très enrichissante.

Je remercie bien évidemment la Kangoo de Inria, sache que malgré toutes ces heures passées ensemble à arpenter les quatre coins de la Gironde tu ne me manqueras pas. La Mégane elle, si.

Parce qu'elle me suit depuis le début de cette aventure et a pu être témoin de tous les rebondissements survenus, je remercie toute l'équipe Flowers, passée et présente, pour son soutien, son écoute (même quand j'essaie de parler anglais). Merci à Ikram, Maud, Brice et Méryl, mes compères de thèse, pour le soutien mutuel fourni au fil de cette aventure, où on se rend compte que chaque péripétie vécue qu'on pensait propre à soi est en fait l'histoire de chaque thésard.

Merci à mon amie Juliette pour ses conseils avisés dans le domaine de la psychologie de la santé, sans qui je n'aurais pas considéré l'Illness Perception Questionnaire dans mes évaluations. Merci également pour ses sources concernant le cadre législatif de l'ETP et bien sûr pour son écoute et son soutien.

La thèse s'est également articulée avec le soutien de mes amis, qui ont cru en moi et qui m'ont accompagné depuis le début. Merci de m'avoir écouté quand, la majorité du temps, vous reteniez un bâillement. Merci de m'avoir montré que oui, il est possible d'avoir une vie à côté de la thèse. Vivement que l'on fête ça comme il se doit !

Parce que ce sont mes premiers fans, merci à ma mère et à mon père pour l'appui incommensurable qu'ils m'ont offert, pour leur soutien et leurs conseils avisés, pour m'avoir réconforté dans les moments les plus difficiles comme pour m'avoir félicité à chaque succès. Si vous êtes fiers d'avoir une fille Docteur, sachez que je n'en serai pas là aujourd'hui sans vous. Merci d'avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Parce qu'on n'est pas obligé de parler pour se comprendre, parce que je suis la seule à décrypter son langage, merci à mon frère pour avoir le talent de toujours sortir la réplique adéquate à la situation.

Et puis évidemment, il y a mon roc, Aurélien. Celui qui m'empêchait de sombrer quand le bateau coulait, celui qui était toujours là, dans l'ombre, à capter chaque instant de cette aventure quand je pensais que cela ne l'intéressait pas. Celui qui m'écoutait me plaindre de tout, de rien, et m'offrait même le luxe d'interagir. Celui qui me faisait relativiser, parce qu'après tout, la thèse ce n'est pas la vie. Merci de m'avoir supporté quand j'étais pénible,

quand j'étais un robot, quand j'étais une madeleine. Merci pour son apaisement, son soutien et son amour.

Merci à Dobby/Démon/Nomenclature/Batman/etc. pour me forcer à prendre des pauses et s'étaler de tout son long sur mon ordinateur à ronronner, lui seul savait quand je devais m'arrêter.





# Abréviations

**AKQ** : Asthma Knowledge Questionnaire  
**AM** : Amotivation  
**BMB** : Bandit Multi-Bras  
**CIPQ** : Children Illness Perception Questionnaire  
**CP** : Conception Participative  
**DEP** : Débit Expiratoire de Pointe  
**DKQ** : Diabete Knowledge Questionnaire  
**EME** : Echelle de Motivation en Education  
**ETP** : Education Thérapeutique du Patient  
**HBM** : Health Belief Model  
**HPST** : Hôpital, Patients, Santé, Territoire  
**IHM** : Interface Homme Machine  
**IPQ** : Illness Perception Questionnaire  
**KC** : Knowledge Component  
**ME** : Motivation Extrinsèque  
**MI** : Motivation Intrinsèque  
**MOOC** : Massive Open Online Courses  
**POMDP** : Partial-Observable Markov Decision Process  
**QCM** : Question à Choix Multiple  
**RiARiT** : Right Activity at Right Time  
**SDT** : Self-Determination Theory  
**SEP** : Sentiment d'Effacité Personnelle  
**STI** : Système Tutoriel Intelligent  
**SUS** : System Usability Scale  
**TAD** : Théorie de l'Auto-Détermination  
**TAM** : Technology Acceptance Model  
**TCP** : Théorie du Comportement Planifié  
**TN** : Technologies Numériques  
**UTAUT** : Unified Theory of Acceptance and Use of Technology  
**UX** : User eXperience  
**ZPDES** : Zone of Proximal Develoment  
**ZPDES** : Zone of Proximal Develoment & Empirical Succes



# Table des matières

<b><u>REMERCIEMENTS</u></b> .....	<b>8</b>
<b><u>ABREVIATIONS</u></b> .....	<b>12</b>
<b><u>CHAPITRE 1 - INTRODUCTION</u></b> .....	<b>18</b>
<b>1 CONTEXTE DE LA LITTERATIE EN SANTE</b> .....	<b>19</b>
1.1 CONCEPT GENERAL.....	19
1.2 LITTERATIE EN SANTE .....	22
<b>2 ENJEUX DE SANTE PUBLIQUE POUR LES MALADIES CHRONIQUES</b> .....	<b>25</b>
2.1 PREVALENCE.....	25
2.2 ETAT DE SANTE .....	26
2.3 AFFECTIONS CHRONIQUES.....	27
2.4 COUTS DES SOINS DE SANTE .....	27
2.5 DOCUMENTS D'INFORMATION .....	28
2.6 INTERETS GENERAUX .....	28
2.7 PISTES D'AMELIORATION.....	29
2.8 CONCLUSION .....	29
<b>3 PROJET DE RECHERCHE ET CONTEXTE INDUSTRIEL</b> .....	<b>31</b>
3.1 CONTEXTE GLOBAL .....	31
3.2 CONTEXTE ITWELL .....	33
3.3 COLLABORATION CIFRE ITWELL – INRIA.....	35
<b><u>CHAPITRE 2 - PARTIE THEORIQUE</u></b> .....	<b>36</b>
<b>1 ASTHME ET PRISES EN CHARGE</b> .....	<b>37</b>
1.1 DESCRIPTION CLINIQUE DE L'ASTHME .....	37
1.2 ADHESION THERAPEUTIQUE DANS LES MALADIES CHRONIQUES .....	42
1.3 EDUCATION THERAPEUTIQUE DU PATIENT (ETP) .....	46
1.4 THEORIES COGNITIVES.....	50
<b>2 SYSTEMES NUMERIQUES D'EDUCATION</b> .....	<b>58</b>
2.1 MOTIVATION INTRINSEQUE ET TECHNOLOGIES EDUCATIVES .....	58
2.2 POUR L'EDUCATION EN SANTE.....	73
<b>3 APPROCHES ERGONOMIQUES DES INTERFACES HOMME-MACHINE (IHM)</b> .....	<b>82</b>
3.1 HISTOIRE DE L'INSPECTION ERGONOMIQUE DES INTERFACES .....	82

3.2	LES METHODES DE CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR .....	91
3.1	METHODE DE CONCEPTION PARTICIPATIVE (CP) .....	93
3.2	EVALUATION DE LA CP : CRITERES FONCTIONNELS ET HEDONIQUES.....	96
<b>4</b>	<b>SYNTHESE : PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE LA THESE.....</b>	<b>102</b>
<b><u>CHAPITRE 3 - PARTIE EMPIRIQUE .....</u></b>		<b><u>104</u></b>
<b>1</b>	<b>OBJECTIFS.....</b>	<b>105</b>
<b>2</b>	<b>METHODOLOGIE GENERALE .....</b>	<b>106</b>
2.1	PRESENTATION GENERALE DE KIDBREATH (POUR DETAIL, ETUDE 1) .....	106
2.2	RECRUTEMENT DES PARTICIPANTS ET ETHIQUE.....	107
2.3	QUESTIONNAIRES.....	108
2.4	SYNTHESE DE LA METHODOLOGIE GENERALE.....	113
<b>3</b>	<b>REALISATIONS EMPIRIQUES .....</b>	<b>114</b>
3.1	ETUDE 1 : CONCEPTION PARTICIPATIVE ET VALIDATION CHEZ LES ENFANTS NON-ASTHMATIQUES .....	114
3.2	ETUDE 2A : EVALUATION CHEZ LA POPULATION CIBLE.....	133
3.3	ETUDE 2B : EXPLORATION D'UN SYSTEME TUTORIEL INTELLIGENT (STI) DANS KIDBREATH .....	148
<b>4</b>	<b>SYNTHESE CHAPITRE 3 .....</b>	<b>161</b>
<b><u>CHAPITRE 4 - DISCUSSION ET CONCLUSION .....</u></b>		<b><u>162</u></b>
<b>1</b>	<b>SYNTHESE ET DISCUSSION DES RESULTATS .....</b>	<b>163</b>
1.1	CONCEPTION D'UN SERIOUS GAME : FUSION DE LA CP ET DE L'ETP .....	163
1.2	PARTICIPANTS NON ASTHMATIQUES VS. ASTHMATIQUES .....	165
1.3	CONTRIBUTION D'UN STI .....	165
1.4	INTEGRATION DES RESULTATS AUX APPROCHES ERGONOMIQUES DES IHM .....	167
<b>2</b>	<b>LIMITATIONS DU TRAVAIL.....</b>	<b>170</b>
<b>3</b>	<b>PERSPECTIVES .....</b>	<b>173</b>
3.1	OUVERTURE SCIENTIFIQUE DES TRAVAUX SUR KIDLEARN .....	173
3.2	VALORISATION INDUSTRIELLE.....	182
<b>4</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>187</b>
<b><u>BIBLIOGRAPHIE.....</u></b>		<b><u>190</u></b>
<b><u>CHAPITRE 5 - ANNEXE .....</u></b>		<b><u>220</u></b>
<b>1</b>	<b>GRAPHE D'ACTIVITE ZPDES.....</b>	<b>221</b>
<b>2</b>	<b>QUESTIONNAIRES.....</b>	<b>222</b>

2.1	QUESTIONNAIRE DE CONNAISSANCE « ASTHME » SUR KIDBREATH .....	223
2.2	SYSTEM USABILITY SCALE (SUS) .....	226
2.3	MOTIVATION GENERALE .....	227
2.4	ASTHMA KNOWLEDGE QUESTIONNAIRE (AKQ).....	228
2.5	DIABETE KNOWLEDGE QUESTIONNAIRE (DKQ).....	230
2.6	CHILDREN ILLNESS PERCEPTION QUESTIONNAIRE (CIPQ).....	231
2.7	CURIOSITE .....	232
2.8	TYPE DE MOTIVATION .....	233
2.9	FUN TOOLKIT.....	234
<b>3</b>	<b>CAHIER DES CHARGES POUR L'IMPLEMENTATION DE KIDBREATH.....</b>	<b>236</b>
<b>4</b>	<b>OPTIONS INITIALEMENT PREVUES DANS LA CONCEPTION KIDBREATH.....</b>	<b>274</b>
4.1	SMS DE RAPPEL .....	274
4.2	VIDEOS PEDAGOGIQUES D'UTILISATION DE L'INHALATEUR SELON LE TYPE .....	276



# Chapitre 1 - Introduction

Ce chapitre introductif décrit la genèse de ce projet de thèse CIFRE. Après une description du contexte de la littératie en santé, concept phare de la société qui a financé le projet, ce chapitre passe en revue les enjeux de santé publique impactant les patients atteints de maladie chronique. Une dernière section amorce la problématique face à ces enjeux du point de vue industriel et les solutions initialement proposées.

## Sommaire

<b>1</b>	<b>CONTEXTE DE LA LITTERATIE EN SANTE .....</b>	<b>19</b>
1.1	CONCEPT GENERAL.....	19
1.2	LITTERATIE EN SANTE .....	22
<b>2</b>	<b>ENJEUX DE SANTE PUBLIQUE POUR LES MALADIES CHRONIQUES .....</b>	<b>25</b>
2.1	PREVALENCE.....	25
2.2	ETAT DE SANTE .....	26
2.3	AFFECTIONS CHRONIQUES.....	27
2.4	COUTS DES SOINS DE SANTE .....	27
2.5	DOCUMENTS D'INFORMATION .....	28
2.6	INTERETS GENERAUX .....	28
2.7	PISTES D'AMELIORATION.....	29
2.8	CONCLUSION .....	29
<b>3</b>	<b>PROJET DE RECHERCHE ET CONTEXTE INDUSTRIEL.....</b>	<b>31</b>
3.1	CONTEXTE GLOBAL .....	31
3.2	CONTEXTE ITWELL .....	33
3.3	COLLABORATION CIFRE ITWELL – INRIA.....	35

# 1 Contexte de la littératie en santé

La littératie est une notion plus complexe que les termes associés au lettrisme. Au-delà des compétences en lecture-écriture, elle concerne certes les aptitudes à lire, mais également à *comprendre* et à *utiliser* l'information écrite dans la vie quotidienne. La littératie se distingue en plusieurs catégories selon le contexte applicatif desdites informations : la littératie numérique, la numératie, etc. et la littératie en santé, qui est un concept de plus en plus utilisé et pris en compte dans la société.

Après avoir décrit la littératie dans un sens général, nous expliciterons le principe de la littératie en santé et des effets qu'elle entraîne.

## 1.1 Concept général

### 1.1.1 Définition et caractéristiques

La littératie selon l'OCDE, est « *l'aptitude à comprendre et à utiliser l'information écrite dans la vie courante, à la maison, au travail et dans la collectivité en vue d'atteindre des buts personnels et d'étendre ses connaissances et ses capacités* ». Elle se mesure sur trois plans de compréhension (Statistique Canada et Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 1997) :

- *Textes suivis* : lire et utiliser l'information contenue dans des brochures, modes d'emploi, nouvelles, etc.
- *Textes schématiques* : repérer et utiliser l'information présentée dans des graphiques, horaires de transport, carte routière, etc.
- *Textes au contenu quantitatif* : vérifier et effectuer des opérations de calcul sur l'information chiffrée contenue dans des documents de type bon de commande, fiche de paie, relevé bancaire, etc.

Bien qu'il s'agisse de sa traduction de en français, ce concept englobe la notion de l'alphabétisme, qui correspond aux compétences en lecture et écriture, à leur compréhension et en pouvant l'appliquer dans la vie (Kirsch, United States, Educational Testing Service, & National Center for Education Statistics, 1993).

### 1.1.2 Différents niveaux de littératie

La littératie d'une personne - i.e. sa capacité de traitement et d'utilisation de l'information lue - est notée selon 5 niveaux<sup>1</sup> :

- *Niveau 1* : compétence et aptitude très faibles (lire un texte relativement court). Par exemple, la lecture de la posologie indiquée sur l'emballage d'un médicament est pénible. La personne ne comprend pas correctement la dose à administrer à un enfant.
- *Niveau 2* : compétences faibles (extirper l'information à travers des éléments de distraction). La personne est seulement capable de lire des textes simples, explicites, décrivant des tâches peu complexes. La personne "se débrouille" mais peine à acquérir de nouvelles compétences professionnelles.

---

<sup>1</sup> <http://boileau.pro/blog/litteratie-en-sante/>



- Niveau 3 : minimum convenable de compétences (intégrer l'information d'un texte dense). La personne peut assimiler plusieurs sources d'information et résoudre des problèmes plus compliqués. Le niveau 3 est nécessaire pour entrer dans l'enseignement supérieur. Le niveau 3 permet à la personne de composer avec les exigences de la société actuelle.
- Niveau 4 et niveau 5 : la personne est un lecteur expert (étapes multiples pour trouver une solution à des problèmes abstraits / chercher de l'information dans un texte dense avec des éléments de situations en faisant des déductions etc.). Elle extrait son information, plus abstraite, de sources diverses, denses et contenant des éléments de distraction. La personne doit opérer des déductions et faire appel à des connaissances spécialisées.

La simple distinction alphabétisme / analphabétisme s'avère donc trop sommaire.

### 1.1.3 Quelques chiffres

La publication OCDE *La littératie à l'ère de l'information* (2000) détaille les outils de mesure des niveaux de littératie ainsi que les résultats par pays de l'OCDE. Extrayons-en ceci :

Tableau 1.1 : Niveau de littératie en pourcentages de population (de 16 à 65 ans).

Pays	Niv. 1	Niv. 2	Niv. 3	Niv. 4/5	Niv. 3+4/5	Niv. 2+3+4/5
BELGIQUE	18.4%	28.2%	39%	14.3%	<b>53.3 %</b>	<b>81.6%</b>
SUEDE	7.5 %	20.3 %	39.7 %	32.4 %	<b>72.1 %</b>	<b>92.5 %</b>
HONGRIE	33.8 %	42.7 %	20.8 %	2.6 %	<b>23.4 %</b>	<b>66.2 %</b>
ETATS- UNIS	20.7 %	5.9 %	32.4 %	21.1%	<b>53.5 %</b>	<b>79.3%</b>
CANADA	16.6 %	25.6 %	35.1 %	22.7 %	<b>57.8 %</b>	<b>83.4 %</b>

Ces chiffres indiquent que les compétences en lecture à l'échelle internationale sont plus faibles que ce que l'on pourrait croire.

D'autres chiffres publiés montrent :

- La surévaluation par les personnes de leur niveau de littératie ;
- La corrélation entre le niveau de littératie et l'espérance de vie à la naissance ;

L'examen de ces chiffres de littératie met deux points en évidence :

- Un texte écrit, de niveau 3, sera compris :
  - En Belgique, par la moitié de la population (53.3%) ;
  - En Suède, par plus de 70% ;
  - En Hongrie par moins de 25% ;
- Sur un sujet d'intérêt général, si le but est d'être compris par les 80% de la population, alors mon texte écrit doit être de niveau 2.

La figure ci-dessous détaille le pourcentage d'adultes pour chaque niveau de littératie au niveau international<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> <http://www.oecd.org/skills/piaac/>

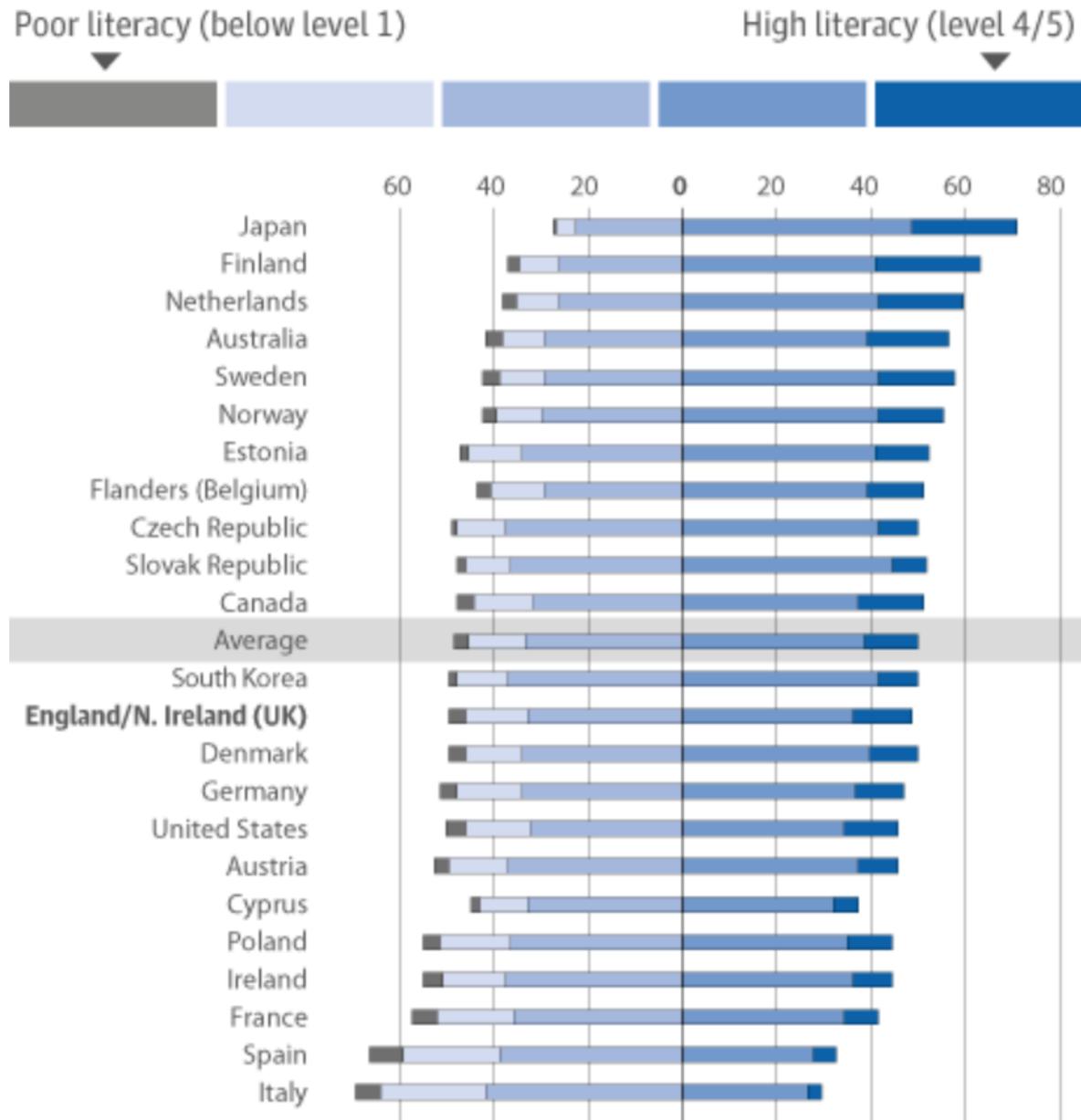


Figure 1.1 : Les différents profils en littératie (de 16 à 65 ans) – pourcentages d’adultes enregistrés pour chaque niveau de littératie selon les pays (source : Survey of Adult Skills (PIAAC), 2012).

La littératie ne concerne pas uniquement la compréhension de mots et de leur signification (Lankshear, Holland, Frank, & Cooke, 1998). Elle importe parce qu’elle influe directement sur la vie des particuliers, leurs perspectives d’emploi, leur revenu et leur type d’emploi (Statistique Canada et Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 1997). La recherche indique qu’un niveau de littératie élevé mène à des emplois intéressants, des salaires élevés et une productivité accrue (Green & Riddell, 2001). Cela influe également sur le statut social, le niveau de participation à la vie politique, les possibilités d’expression culturelle, la santé, la survie des langues et l’accès aux services sociaux et aux occasions d’apprentissage (Boothby, 2002). À l’échelle nationale, des niveaux de littératie élevés permettent d’améliorer la qualité de vie. En effet, ils favorisent la réduction du taux de pauvreté et de chômage, diminuent le recours à l’aide sociale et encouragent l’adoption de bonnes pratiques parentales.

## **1.2 Littératie en santé**

Le terme « littératie en santé » (en anglais : *Health Literacy*) a en premier lieu été défini par l'Agence de la Santé Publique du Canada (ASPC) comme étant la « *capacité d'un individu à trouver, à comprendre et à utiliser l'information santé de base, les options de traitement qui s'offrent à lui et à prendre des décisions éclairées concernant sa propre santé* ». Des études montrent que nombreuses sont les personnes qui éprouvent des difficultés à lire et à comprendre les informations relatives à la santé, comme la signalisation dans les hôpitaux, les brochures d'information, les notices pharmaceutiques, les formulaires de consentement, les ordonnances et les conseils médicaux. En comparant la notion de littératie en santé avec celle de l'alphabétisation, cette dernière réfère aux compétences de base nécessaires pour réussir dans la société tandis que la littératie en santé requiert quelques compétences additionnelles, notamment celles nécessaires pour trouver, évaluer et assimiler l'information sanitaire provenant de contextes variés. Elle requiert aussi certaines connaissances du vocabulaire lié à la santé ainsi que la philosophie du système de santé (Rootman, 2009).

Légèrement différente de la définition de l'ASPC, l'OMS a adopté une définition de la littératie en santé qui reflète une orientation axée sur la promotion de la santé : « *La littératie en santé représente les compétences cognitives et sociales qui déterminent la motivation et la capacité des individus afin d'avoir l'accès, comprendre et utiliser l'information de sorte qu'elle puisse promouvoir et maintenir une bonne santé* ». Cette définition de la littératie en santé implique l'atteinte d'un niveau de connaissances, de compétences personnelles et de confiance pour effectuer une action afin d'améliorer la santé personnelle et communautaire en changeant les styles de vie personnels et les conditions de vie. De plus, la littératie en santé signifie plus que d'être capable de lire des brochures et de faire des rencontres. En améliorant l'accès des personnes aux informations de santé et leur capacité à les utiliser efficacement, la littératie en santé est critique dans le cadre de l'autonomisation du patient (Nutbeam, 1998). La définition de l'OMS considère ainsi la littératie en santé plus près du fait qu'elle n'est pas simplement un ensemble de capacités fonctionnelles, mais comprend un ensemble de compétences qui permettent aux gens de participer plus pleinement à la vie en société, et d'exercer un plus haut degré de contrôle sur des événements quotidiens. La capacité de lire et d'écrire (littératie fonctionnelle) est considérée comme la base de la littératie en santé sur laquelle une gamme de compétences complémentaires peut être construite.

Ainsi, la littératie en santé est une ressource qui facilite la vie quotidienne dans les milieux de vie : à la maison, au travail, à l'école, sur le marché, dans le système de santé et dans la société en général (Rootman & Gordon-El-Bihbety, 2008).

Le manque de littératie en santé n'est pas l'apanage d'un groupe déterminé de personnes, mais il concerne la société dans son ensemble. En revanche, la recherche scientifique sur le sujet a démontré que la littératie en santé se heurte à des obstacles liés entre autres à la situation socio-économique, au niveau de santé, à l'âge et à l'origine ethnique. Souvent, les personnes les plus démunies dans notre société sont les plus vulnérables en termes de littératie en santé inadéquate<sup>3</sup>.

Don Nutbeam parle lui, de littératie fonctionnelle (Nutbeam, 2008). Bien que la définition générale porte sur la capacité à lire des textes basiques et décrire des textes simples dans la vie quotidienne, cette notion est importante car c'est à travers ces compétences de lecture et d'écriture que ceux qui ont un bon niveau de littératie sont capables de participer davantage à la société, économiquement et socialement parlant, et sont capables de comprendre et d'exercer

---

<sup>3</sup> <http://www.welldoneawards.be/fr/la-litteratie-en-sante/>.

un plus grand contrôle sur des événements quotidiens. Basé sur les travaux de Baker (Baker, 2006), il élabore alors un modèle de compétence en matière de santé, qui comporte trois échelons (Figure 1.2) :

- La *compétence fonctionnelle en matière de santé*, qui décrit les compétences de base pour la lecture et la compréhension d'informations ayant trait à la santé et pour l'utilisation d'offres dans ce domaine.
- La *compétence communicative et interactive en matière de santé*, qui concerne les compétences sociales et cognitives permettant d'analyser des informations et de les traduire en actions.
- La *compétence critique en matière de santé*, qui décrit des compétences cognitives et sociales avancées permettant une analyse et un traitement critiques d'informations.

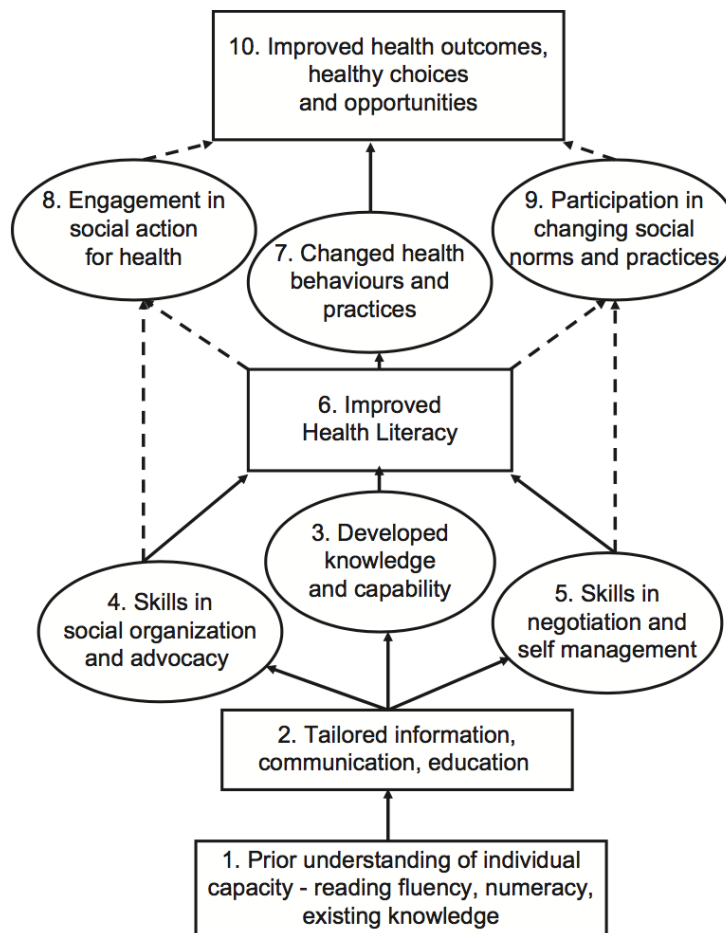


Figure 1.2 : Modèle conceptuel de la littératie en santé perçue comme un atout (Nutbeam, 2008).

Ce modèle identifie la littératie en santé comme un concept à part entière, et commence avec la reconnaissance des connaissances et capacités antérieures de littératie (1) conduisant à une éducation et à une communication en santé adaptée (2). A cette étape, l'objectif de cette éducation en santé est d'être orientée vers le développement des connaissances et des capacités personnelles pertinentes (3) ainsi que les compétences interpersonnelles et sociales (4, 5). La littératie en santé est alors perçue comme le résultat de l'éducation et de la communication, plutôt qu'un facteur qui influence le résultat en santé (6). Les personnes ayant une meilleure littératie en santé auront donc des compétences et des aptitudes qui leur permettront de s'engager dans diverses actions en faveur de leur santé telles que changer le comportement en santé (7). Également, ces compétences permettront de s'investir dans des actions sociales pour

la santé et avoir la capacité d'influencer les autres dans les décisions relatives à la santé comme arrêter de fumer ou participer à des programmes de dépistage préventif (8, 9). Ainsi, les résultats s'observent non seulement en matière de santé améliorée, mais s'étendent davantage sur les différentes options et opportunités liées à la santé de soi et des autres.

Au final, la littératie en santé peut être catégorisée en différents niveaux qui, progressivement, reflètent une plus grande autonomie et une autonomisation personnelle dans la prise de décision, et un engagement dans une plus grande gamme d'action de santé qui s'étendent des comportements personnels aux actions sociales pour aborder les déterminants de santé (Nutbeam, 2000). La progression entre ces différents types n'est pas seulement dépendant du développement cognitif, mais s'expose aussi aux différentes formes de communication et de contenu du message. Elle met également en évidence le rôle clé de l'apprentissage à développer sur les connaissances associées à la maladie.

## 2 Enjeux de santé publique pour les maladies chroniques

La littératie en santé est essentielle à la capacité des patients de gérer leur santé. Elle réfère non seulement aux capacités des particuliers mais aussi à celles des systèmes reliés à la santé et des fournisseurs d'information à l'intérieur de ces systèmes. Il s'agit également d'un déterminant de la santé, étroitement relié aux autres déterminants sociaux de la santé tels que l'alphabétisation, la scolarité, le revenu et la culture.

Pour Dorval (Dorval & Kaszap, 2011), « *la littératie en santé d'un individu désigne à la fois sa culture sanitaire, c'est-à-dire la somme de ses acquis familiaux, scolaires, sociaux, culturels, professionnels auxquels s'ajoutent : ses peurs, ses croyances, ses conceptions, ses attitudes et ses comportements en santé, de même que ses pratiques d'alphabétisme :*

- *D'utilisation de la lecture et de recherche d'information en santé ;*
- *D'expression orale et écrite pour communiquer des informations en santé. »*

Ainsi, la littératie est un concept d'une grande importance pour les raisons suivantes.

### 2.1 Prévalence

Les données disponibles qui suivent indiquent que le niveau faible de littératie en santé est davantage répandu que ce que l'on pourrait imaginer et ce, à l'échelle internationale. Chaque personne se retrouve dans des situations qui réclament des décisions liées à la santé et l'application de compétences en matière de littératie en santé (Conseil canadien sur l'apprentissage, 2007; HLS-EU Consortium, 2012).

- Aux États-Unis, près de la moitié de la population adulte aurait des difficultés à s'approprier l'information sur la santé (IOM) (Nielsen-Bohlman, Panzer, Hamlin, & Kindig, 2004).
- Au Canada, environ 60% des adultes (16 ans et plus) n'ont ni les capacités nécessaires pour trouver, comprendre et utiliser l'information et les services en matière de santé, ni les capacités pour prendre de bonnes décisions pour leur santé (Conseil canadien sur l'apprentissage, 2007).
- De la même façon, 60% des immigrants (population susceptible d'avoir un faible niveau de littératie) se classent en-dessous du niveau 3 en matière de lecture courante - considéré comme étant le niveau minimum pour faire face aux exigences de la vie quotidienne et du travail dans une économie axée sur le savoir – comparativement à 30% pour les personnes nées au Canada (Association Canadienne de Santé Publique, 2006). Les populations habitant dans des régions isolées et rurales sont également susceptibles d'avoir un faible niveau de littératie, dues à un moins grand nombre de possibilités offertes pour améliorer celle-ci (Approche intersectorielle pour améliorer la littératie en santé des Canadiens, 2012).
- Chez les personnes de plus de 65 ans (12% de la population canadienne), 80% d'entre elles ont un niveau de littératie entre 1 et 2, ce qui signifie qu'elles ont besoin d'aide pour comprendre les informations de la vie quotidienne (Fellegi & Alexander, 1995).
- En Europe, plus de 47% de la population a un niveau de littératie en santé insuffisant et lit avec difficulté (Figure 1.3). Parmi elles :

- 12% de la population ont des connaissances insuffisantes en matière de santé ;
- 35% ont des connaissances en santé limitées, entraînant alors des conséquences sur leur propre état de santé ;
- Plus de 27% éprouvent des difficultés à comprendre la notice accompagnant un médicament ;
- Plus de 21% ont du mal à décider ce qu'il faut faire pour améliorer leur santé.

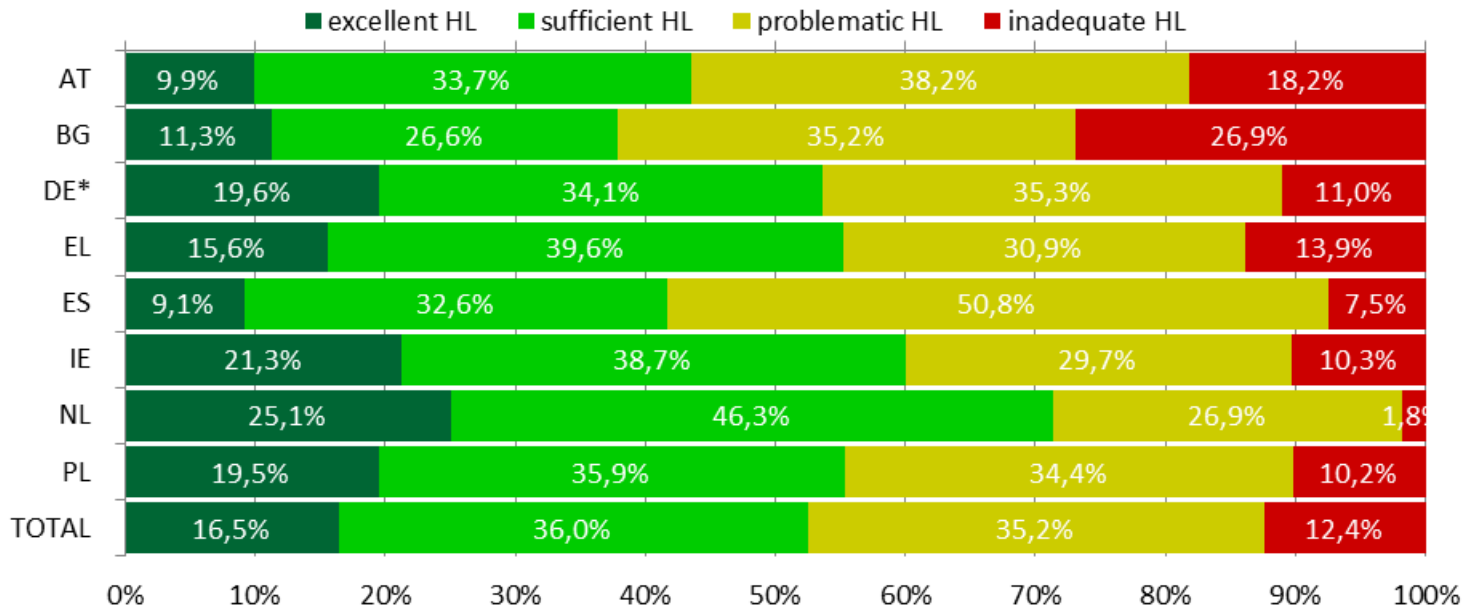


Figure 1.3 : Distribution des niveaux de littératie en santé sur 8 pays européens<sup>4</sup> (HLS-EU Consortium, 2012).

Comme nous pouvons le remarquer, la prévalence d'un faible niveau de littératie en santé varie largement d'un pays à l'autre, mais aussi entre les groupes au sein des populations. Par exemple aux Pays-Bas, 2% de la population présente une littératie en santé insuffisante alors qu'en Bulgarie, ce taux atteint 27%. L'ensemble de ces travaux démontre qu'un faible niveau de littératie concerne une majorité d'individus (WHO, 2013).

## 2.2 Etat de santé

On constate que les niveaux de littératie sont liés à l'éducation, l'ethnicité et l'âge (Paasche-Orlow, Parker, Gazmararian, Nielsen-Bohlman, & Rudd, 2005) et que de faibles compétences en littératie et/ou numératie constituent un facteur de risque indépendant en matière de mauvaise santé (Baker, Parker, Williams, Clark, & Nurss, 1997; Ratzan & Parker, 2000; Sudore et al., 2006). Souvent, c'est en raison d'une mauvaise compréhension de la maladie et des traitements (Davis et al., 2006), d'une faible connaissance sur leurs problèmes de santé (Williams, Baker, Honig, Lee, & Nowlan, 1998; Williams, Baker, Parker, & Nurss, 1998) et par conséquent d'une faible adhésion aux traitements. En effet, les données de plusieurs pays développés montrent une relation entre les faibles niveaux de littératie et la baisse d'utilisation des informations et des services de santé. Ces données sont en lien avec

4 AT = Autriche ; BG = Bulgarie ; DE = Allemagne ; EL = Grèce ; ES = Espagne ; IE = Irlande ; NL = Pays-Bas ; PL = Pologne.

l'éducation de la santé, l'utilisation des services de prévention des maladies, et une mauvaise autogestion de la maladie (DeWalt, Berkman, Sheridan, Lohr, & Pignone, 2004).

### 2.3 Affections chroniques

Les affections chroniques sont des maladies de longue durée qui évoluent lentement en règle générale. Les maladies chroniques comprennent les maladies cardio-vasculaires, les cancers, les maladies respiratoires chroniques, le diabète, les troubles neuropsychiatriques, sensoriels et musculo-squelettiques et les infections bucco-dentaires, les maladies digestives, les maladies uro-génitales, les anomalies congénitales et les affections cutanées.

Selon l'OMS, elles restent la première cause de maladie dans le monde en faisant près de 36 millions de victimes par an, dont la moitié sont des femmes. Responsables de 63% des décès, les principales maladies chroniques concernées sont les maladies cardio-vasculaires (17.9 millions), les cancers (9 millions), les maladies respiratoires (3.9 millions) et le diabète (1.6 millions). Bien que les maladies chroniques soient le plus souvent le lot des personnes les plus âgées de la population, près de la moitié des décès par affection chronique touche des personnes de moins de 70 ans, et un tiers touche les moins de 60 ans.

En France, désormais plus de 20 millions de personnes sont atteints d'une maladie chronique (Grimaldi, Caillé, Pierru, & Tabuteau, 2017). En 2008, plus de 8 millions de personnes inscrites au régime général de l'assurance maladie étaient déclarées en affection de longue durée (ALD), soit une personne sur sept (Haut Conseil de la Santé Publique, 2010). Le régime général couvrant 88% de la population, on peut estimer à 9,4 millions le nombre total de personnes en ALD sur l'ensemble de la population. Les affections concernées par ce dispositif sont des affections chroniques dont le traitement entraîne des frais médicaux importants. La population des personnes en ALD augmente régulièrement chaque année, ces dernières années étant marquées par une certaine stabilisation de la progression du fait de l'allongement de l'espérance de vie.

L'une des façons de faire face à l'escalade prévue des taux de maladies chroniques et aux pressions qu'elles exerceront par la suite sur le système de santé consiste à faire participer les patients à une autogestion plus efficace de leur santé (Heneghan et al., 2006).

### 2.4 Coûts des soins de santé

Nous venons de voir qu'un faible niveau de littératie en santé entraînait une augmentation du taux de mortalité, mais aussi des hospitalisations et des usages des services d'urgence (Baker et al., 2002; Baker, Parker, Williams, & Clark, 1998) qui sont associés à des erreurs de médicaments (Healthy People 2010, 2000), ce qui représente un lourd fardeau financier (Howard, Gazmararian, & Parker, 2005; Weiss & Palmer, 2004). Bien que peu d'études fassent état des coûts de santé publique que peuvent engendrer un faible niveau de littératie en santé, Eichler et ses collaborateurs ont réalisé une revue systématique des données relatives aux coûts des soins de santé (Eichler, Wieser, & Brügger, 2009). Sur l'ensemble des études analysées, les coûts additionnels allaient de 3 à 5% du coût total des soins de santé par an (études réalisées aux Etats-Unis, au Canada et en Suisse). A l'échelle du patient, les dépenses de ceux ayant un faible niveau de littératie en santé étaient supérieures de 143 dollars à 7 798 dollars par rapport à un patient ayant un niveau de littératie en santé adéquat. De façon complémentaire, une autre étude portant sur les utilisateurs de Medicare (système d'assurance santé géré par les Etats-Unis) a révélé que les coûts d'assurance-maladie de ceux qui avaient un faible niveau de



littératie en santé était de 10 688 dollars par année, comparativement à 2 891 dollars pour ceux qui avaient un niveau approprié (Weiss & Palmer, 2004).

Pour résumer, selon une première estimation, le coût du faible niveau de littératie en santé sur l'économie américaine serait de l'ordre de 106 à 238 milliards de dollars par année. Si l'on tient compte des futurs coûts du faible niveau de littératie en santé résultant des interventions actuelles (ou de l'absence d'intervention), le coût réel de la faible littératie se situe actuellement plus près de 1 600 à 3 600 milliards de dollars (Vernon, Trujillo, Rosenbaum, & DeBuono, 2007).

## **2.5 Documents d'information**

Plusieurs études sur l'évaluation de documents liés à la santé (consentements, notices d'accompagnement, etc.) ont révélé une discordance entre le niveau de langue du médicament et les compétences en lecture du public visé (Rudd, Anderson, Nath, & Oppenheimer, 2007). En effet, la plupart des documents évalués dépassaient les compétences en lecture des diplômés moyens du secondaire. Souvent, le recours au jargon et le langage technique rendaient de nombreuses ressources liées à la santé inutilement difficiles à utiliser. De plus, la nature omniprésente de l'Internet et l'utilisation en hausse des médias sociaux rend ces voies de diffusion de l'information plus attrayantes en termes du large public atteint et d'efficacité de diffusion. Il demeure cependant qu'une proportion considérable de notre population n'a pas accès à l'information en provenance de ces sources, ce qui nous rappelle qu'il faut de la diversité et de l'innovation dans la diffusion de l'information.

## **2.6 Intérêts généraux**

Pour conclure sur l'importance de la littératie en santé, celle-ci joue un rôle crucial dans l'autogestion des affections chroniques. En effet, les faibles niveaux de littératie en santé signifient souvent que la personne est incapable de gérer efficacement sa propre santé, et de comprendre l'information disponible suffisamment bien pour prendre des décisions éclairées relativement à sa santé. Par conséquent, ils ont des effets négatifs sur les résultats de santé, ainsi que sur la qualité et les coûts des soins de santé. Il s'agit d'un problème important et coûteux qui risque de s'aggraver avec le vieillissement de la population et l'incidence accrue des maladies chroniques.

Pour gérer ses affections chroniques, une personne doit alors pouvoir comprendre et évaluer l'information sur la santé (qui comprend souvent un traitement curatif médical complexe), prévoir et effectuer des ajustements à son mode de vie, prendre des décisions éclairées, et savoir comment accéder aux soins de santé (Johnston Lloyd, Ammary, Epstein, Johnson, & Rhee, 2006).

Toutefois, il convient de se garder de tenir les gens responsables de leur auto-soin ou de l'autogestion de leur santé sans prendre en considération le contexte dans lequel ils vivent. Par exemple, les populations les plus susceptibles d'avoir des difficultés en matière d'autogestion sont celles qui ont de faibles niveaux de littératie – généralement les personnes âgées, les minorités ethniques, les gens ayant un faible niveau de scolarité, ceux qui ont un faible revenu, une faible connaissance de l'anglais ou du français et ceux qui dépendent de l'aide sociale (Nielson-Bohlman, Panzer, & Kinding, 2004). Des liens ont également été montrés entre le niveau de littératie et la pratique quotidienne de lecture (Conseil canadien sur l'apprentissage,

2007), mais aussi avec l'apprentissage continu dans tous les aspects de la vie chez les personnes âgées (utilisation d'internet, auto-formation par la lecture, écriture, etc.) (Wister, Malloy-Weir, Rootman, & Desjardins, 2010). Pour ces groupes vulnérables, un faible niveau de littératie en santé se traduit souvent par l'incapacité de prendre en charge efficacement leur santé, d'accéder aux services de santé, de comprendre l'information disponible et pertinente et de prendre des décisions éclairées en matière de santé. Trouver des outils de mesure adaptés pour évaluer le niveau de littératie des personnes concernées, et ainsi d'adapter les informations aux individus les plus vulnérables est primordial.

### 2.7 Pistes d'amélioration

La hausse du niveau général de la littératie en santé permettrait de diminuer les erreurs de traitement et de comportement. Elle augmenterait la qualité des soins et de la prévention<sup>5</sup>.

Hausser le niveau général de littératie en santé incombe à un ensemble d'acteurs : le corps médical (médecins, personnel infirmier, pharmaciens, dentistes, etc.), le corps enseignant, les institutions gouvernementales, les médias, etc. Toute discussion sur la définition de la littératie en santé porte tout naturellement sur le sujet du langage simple comme stratégie première (utilisation d'un style, images et symboles clairs). En effet, de nombreuses interventions courantes en matière de littératie en santé contiennent pour la plupart la directive d'utiliser un langage simple dans toute communication relative à la santé. Toutefois, même si le langage simple est une façon de communiquer efficacement, par définition, elle n'est pas synonyme de communication en matière de santé et de littératie en santé. En fait, la littératie en santé englobe beaucoup plus que la somme totale du langage simple, de la lecture, de l'écriture, de la numératie et de la communication efficace entre les professionnels de la santé et le public (Approche intersectorielle pour améliorer la littératie en santé des Canadiens, 2012).

Une des perspectives les plus prometteuses pour sensibiliser le public sur toute une panoplie d'enjeux liés à la santé semble être le domaine des technologies de l'information et des médias sociaux, aussi appelée la technologie de l'information et de la communication (TIC) ou plus généralement les Technologies Numériques (TN). Aujourd'hui, les TN permettent de disséminer l'information par des moyens bon marché, de façon instantanée, de manière très répandue et facilement accessible et possiblement créative et amusante. Les TN peuvent atteindre efficacement un très grand nombre de gens et sont, de ce fait, un outil important pour améliorer les niveaux de littératie en santé tant de l'ensemble de la population que de certains groupes bien ciblés. Mais pour être efficace, l'information diffusée doit être pertinente, opportune, conviviale et de bonne qualité. Les prochaines étapes de l'exploitation du potentiel immense des TN dans le but d'influencer les niveaux de littératie en santé consisteront peut-être à trouver les mécanismes qui permettront de conclure des partenariats privé-public, de partager des pratiques exemplaires et prometteuses et de réduire les iniquités causées par le manque d'accessibilité (Mitic & Rootman, 2012).

### 2.8 Conclusion

La littératie en santé est le degré avec lequel les individus ont la capacité d'obtenir, traiter et comprendre l'information et les services basiques de santé nécessaires pour prendre des décisions en santé appropriées (Healthy People 2010, 2000). Cela implique la capacité d'utiliser

---

<sup>5</sup> <http://boileau.pro/blog/litteratie-en-sante/>

et interpréter un texte, un document ou des nombres efficacement - compétences qui semblent différentes mais qui sont hautement corrélées les unes aux autres (Nielsen-Bohlman et al., 2004). Les adultes possédant une faible littératie sont plus nombreux qu'on ne le pense. En effet, la proportion estimée de population dans les pays de l'OCDE qui manque de compétence fonctionnelle en littératie va de 7 à 47% (*UN Development Program, 2007*). Face à l'augmentation des populations à risque dans le cadre d'une mauvaise littératie et aux conséquences importantes que cela peut engendrer, de nouveaux outils permettant d'améliorer la littératie en santé doivent être développés pour les individus qui ont besoin d'une adaptation des informations et des communications en santé auprès de tous les acteurs qui jouent un rôle dans le système de soins de santé. Cela aura ainsi un impact dans l'adhésion aux traitements (dans les pathologies chroniques notamment), l'état de santé du patient et les coûts sociétaux de santé publique.

Dans ce contexte, une société a souhaité intervenir et proposer un projet de recherche lié aux technologies numériques. La section qui suit détaille le cadre politique et industriel français associé à l'amélioration de la littératie en santé, aboutissant à la proposition d'intervention de la société, dont le projet thèse ci-présent.

## 3 Projet de recherche et contexte industriel

### 3.1 Contexte global

#### 3.1.1 Le patient comme acteur autonome

Dans les faits, l'émergence d'un patient actif (Batifoulier, Biencourt, Domin, & Gadreau, 2006) s'est traduite par la structuration d'un droit des patients privilégiant le droit à l'information et au consentement éclairé. Ces deux caractéristiques font l'essentiel de la transformation du Code de Déontologie médicale vers sa version de 1995. L'introduction de l'article 35 caractérise le changement : « *le médecin doit à la personne qu'il examine, qu'il soigne ou qu'il conseille, une information loyale, claire et appropriée sur son état, les investigations et les soins qu'il propose* ». Le Conseil de l'Ordre va même plus loin en précisant que cette information doit être adaptée à la personnalité du patient (Ordre National des Médecins, 2011). Avec la place maintenant occupée par les associations de patients et avec l'évolution des technologies permettant par exemple, un accès accru aux réseaux sociaux, le patient est informé par le biais de la communauté et intervient dans le choix des thérapies. Selon un sondage de l'IPSOS pour la HAS (Haute Autorité de Santé) intitulé « Le patient internaute », 7 français sur 10 utilisent internet pour obtenir des informations en matière de santé. Actif, informé, éduqué, autonomisé mais aussi impliqué, concerné et mobilisé, l'évolution conduit à l'émergence d'un consommateur de soin (Batifoulier, Domin, & Gadreau, 2008). Le patient n'est alors plus considéré comme le récipiendaire passif des soins mais comme un acteur incontournable et omniprésent de l'écosystème de santé. Ainsi, les évolutions proposées par l'usage du numérique dans le monde de la santé fait émerger un nouveau concept : la santé participative (d'Artigues, 2014). Il apparaît clairement aujourd'hui que la participation des patients en tant que partenaires qualifiés à la coproduction des soins de santé constitue en fait une évolution positive que les services de santé doivent prendre en compte. Dans la loi du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé, on ne retrouvait pas le sujet de l'autonomisation des patients (*empowerment*), car la logique qui prédominait à l'époque était celle des pathologies aiguës (Saout, 2013). Cependant, au-delà de l'émergence des nouvelles technologies, c'est un thème qui s'est trouvé une place dans le contexte de chronicisation des maladies.

#### 3.1.2 La prise en charge des pathologies chroniques

Selon la définition de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) reprise dans le Plan 2007-2011, « Amélioration de la qualité de vie des personnes atteintes de maladies chroniques »<sup>6</sup>, une maladie chronique est une maladie de longue durée, évolutive, souvent associée à une invalidité et à la menace de complications graves. Les maladies chroniques concernent environ 15 millions de personnes en France (soit 20% de la population). Le professeur Paul Johnstone de l'OMS a mentionné les conclusions d'une grande étude réalisée auprès de 6000 patients : les technologies d'auto-prise en charge et l'appui apporté aux patients ont permis de réduire les besoins en soins de santé et les coûts qu'ils génèrent. Ils ont surtout entraîné une baisse importante de la mortalité (Haut Conseil de la Santé Publique, 2010). Les

<sup>6</sup> [http://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport\\_annuel\\_du\\_comite\\_de\\_suivi\\_2008\\_Maladies\\_chroniques.pdf](http://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_annuel_du_comite_de_suivi_2008_Maladies_chroniques.pdf)

pathologies chroniques, notamment les maladies cardiovasculaires, le cancer, le diabète, l'obésité et les maladies respiratoires chroniques, constituent actuellement la principale cause de décès et d'invalidité dans le monde. Comme nous l'avons vu, cette évolution participe au bouleversement du rôle du patient mais aussi à une nécessaire réorganisation des systèmes de santé et des soins de santé (Ministère de la santé, de la jeunesse, des sports et de la vie associative, 2007).

### **3.1.3 La réorganisation des systèmes de santé et la nouvelle place du pharmacien**

Le débat pour une amélioration du système de santé français porte principalement sur le moyen de réorganiser ce système, afin qu'il permette le dialogue, la coproduction et les soins en collaboration. Dans ce cadre, l'autonomisation des patients ne porte pas seulement sur la manière dont le médecin établit une relation avec ceux-ci, car les soins de santé ne se limitent pas aux seuls médecins. Prenons l'exemple du pharmacien, au cœur d'une révolution de sa place de professionnel de santé depuis la loi HPST (hôpital, patients, santé, territoire) (Loi, H. P. S. T., 2009) et la définition de ses nouvelles missions, concrétisées par le décret de 2011 sur les missions du pharmacien correspondant (Ordre national des pharmaciens, 2012). En effet, au-delà de sa place dans les soins de premiers recours, le pharmacien d'officine peut s'investir dans l'accompagnement des patients et le suivi des pathologies chroniques. Sur la base du volontariat, il peut :

- Participer à des programmes d'éducation thérapeutique et à des actions d'accompagnement de patients, actions dont les modalités opérationnelles et financières sont définies par la convention pharmaceutique signée en 2012 ;
- Etre désigné par le patient comme « correspondant » au sein de l'équipe de soins (décret du 5 avril 2011). A ce titre, le pharmacien peut, à la demande du médecin ou avec son accord, renouveler périodiquement des traitements chroniques (sur une période de 12 mois maximum), ajuster au besoin leur posologie et effectuer des bilans de médication (évaluation de l'observance et de la tolérance au traitement, transmise au médecin traitant) ;
- Assurer la fonction de pharmacien référent pour un EHPAD qui ne dispose pas de pharmacie à usage intérieur ou qui n'est pas membre d'un groupement de coopération sanitaire (GCS) gérant une pharmacie à usage intérieur ;
- Participer à la coopération entre professionnels de santé, au sens de l'article 51 de la loi HPST, à savoir participer à des transferts d'activités ou d'actes de soins dans le cadre de démarches « protocolisées » et autorisées par les ARS.

### **3.1.4 Synthèse : nouvelles missions du pharmacien et autonomisation des patients**

La loi HPST de 2009 a instauré de profondes modifications du métier de pharmacien d'officine en consacrant l'exercice de ce dernier par de nouvelles missions de service public. Prévention et dépistage, conseils personnalisés, correspondant d'équipe de soins, etc., sont autant de domaines dans lesquels le pharmacien peut dorénavant s'impliquer, confirmant son rôle clé dans notre système de santé, pour une meilleure coordination des soins. S'approprier ces missions, offrir au patient le soin le plus personnalisé possible... Tels sont les objectifs à atteindre pour les pharmaciens.

La convention pharmaceutique signée en avril 2013 permet alors au pharmacien d'être rémunéré pour le suivi des patients chroniques. Ceci a commencé avec la prise en charge des patients sous traitement anticoagulant et s'est poursuivi avec l'accompagnement des patients asthmatiques (2014), puis des diabétiques (2018).

### 3.2 Contexte ItWell

#### 3.2.1 Description de la société

Partant du principe que rendre intelligible l'information à destination des patients dans un souci de bon usage des médicaments est un impératif dans le secteur de la santé, la société ItWell a développé une méthode d'amélioration de la lisibilité des notices de médicaments et travaille avec de nombreux laboratoires de l'industrie pharmaceutique (dans le cadre de la directive européenne encadrant cette activité). Progressivement, la société s'est spécialisée dans l'optimisation de la lisibilité et de l'accessibilité de documents d'information et d'éducation à visée thérapeutique et préventive, en prenant en compte les facteurs socio-économiques, de vulnérabilité et la nature des soins des personnes ciblées. Les méthodologies utilisées et initialement développées autour de techniques de focus-groups ou interviews ont été complétées par des tests d'utilisabilité (ergonomie). Ces méthodes sont toujours le fruit d'une réflexion transversale, facilitée par la polyvalence des équipes d'ItWell qui ont la volonté de participer à la sécurité et au bon usage du médicament mais aussi à l'éducation pour la santé et l'autonomisation des patients. ItWell constitue alors son propre studio de création intégré ainsi qu'un réseau de créateurs et designers qui développent des supports de communication (notices animées, animations 3D, plaquettes d'information, vidéos, jeux simples...) centrés sur le patient et toujours validés par un panel de volontaires.

#### 3.2.2 Incidences de la Loi HPST

Dans un secteur en pleine mutation suite à la loi HSPT (Hôpital, Patients, Santé, Territoire) de 2009 et de son volet sur l'éducation thérapeutique du patient, ItWell met à profit son savoir-faire pour se diversifier dans l'éducation pour la santé, notamment via le média internet, le e-learning et les applications multimédia. C'est aussi dans le cadre de cette loi que l'exercice officinal est remis en question, après des décennies de stagnation. Brusquement, le pharmacien, trop longtemps perçu comme un simple « vendeur de boîtes », se voit reconnu comme un véritable « professionnel de santé » dont les missions, désormais clairement définies, sont orientées « services aux patients ». ItWell, qui depuis sa création en 2007, implante des études et actions de dépistage en officine, identifie cet élargissement de l'exercice officinal comme une opportunité majeure de développement avec deux orientations stratégiques complémentaires :

- Le « nouveau pharmacien » ne pourra exercer ces nouvelles fonctions et prendre la place qui lui revient dans l'éducation pour la santé s'il n'est pas accompagné et convenablement formé, notamment vis-à-vis des patients atteints de pathologies chroniques. En effet, ces pathologies sont principalement visées car elles correspondent non seulement à la première cause de mortalité dans le monde, mais ces décès sont dus principalement à un mésusage des traitements de fond.
- Dans un contexte de santé publique (accidents et hospitalisations pouvant être facilement évités, dépendance), il est fondamental de développer rapidement des

solutions d'optimisation de l'apprentissage concernant la pathologie chronique du patient.

### **3.2.3 Le projet Pharm@WebServices**

ItWell a alors conçu le projet Pharm@WebServices : une plateforme multiservices innovante conçue pour répondre aux nouveaux enjeux de la pharmacie d'officine dans le cadre de l'éducation et de l'autonomisation des patients, tout en développant la synergie entre professionnels de la santé. Cette plateforme comprend deux composantes intégrées : BtoB et BtoC ayant pour cible finale le patient et la qualité de sa relation avec le « nouveau pharmacien ». Une partie des outils proposés dans le cadre du projet pourront être utilisés en interaction avec le professionnel de santé ou en totale autonomie par les patients (entre deux visites par exemple). La proposition par le pharmacien à son patient, de l'accès à des solutions d'auto-apprentissage, sera un atout valorisant et dans la prolongation des entretiens officinaux. Au final, le but est d'inciter le patient à participer activement à sa prise en charge et à l'autonomiser.

L'e-Santé n'est pas qu'une question de technologie, c'est aussi favoriser l'autonomisation des patients et générer davantage de cohésion sociale et territoriale (coopération des professionnels de santé, maillage, etc.). L'ambition du projet Pharm@WebServices est de se positionner dans ce contexte en offrant un soutien efficient aux patients. Dans le cadre de ce projet, notre objectif principal est de proposer des outils variés et adaptés aux différents profils de patients. Il existe des typologies de patients réagissant différemment et spécifiquement face à la maladie, des facteurs psychologiques et sociaux qui rendront un patient plus ou moins réceptif à une forme d'expression qu'à une autre, des niveaux de compréhension linguistique ou de situations de vie défavorisées qui formeront des barrières dans une communication usuelle et de mode généraliste ... L'apport d'ItWell dans la conception de contenu et d'outils sera de proposer des outils pouvant s'adapter à différents profils de patient et de permettre au pharmacien de les utiliser en interaction avec son patient ou de proposer à son patient de les utiliser seul, après la visite, afin d'optimiser sa mémorisation et de lui permettre de progresser de manière autonome. Ici, c'est le pharmacien qui utilisera à bon escient le bon outil et qui recommandera à son patient l'usage d'un module de formation ou d'un quizz, selon son jugement personnel.

ItWell souhaite aller au-delà de cette personnalisation de l'éducation pour la santé que permet le professionnel de santé car en dehors des consultations ou entretiens en présence de ce dernier, le patient n'a pas de solution lui permettant un apprentissage autonome et personnalisé.

Comment optimiser un apprentissage afin de s'assurer qu'il augmente de manière efficiente le niveau de connaissance initial ? Comment s'assurer que les nouvelles connaissances soient mémorisées à court-terme mais aussi à long-terme ? Comment se donner toutes les chances pour que la connaissance et la prise de conscience associée puissent avoir un impact motivationnel pour déclencher des modifications de comportement ? Comment proposer à des patients atteints de pathologie chronique, des solutions d'auto-éducation (en complément de l'action de leurs professionnels de santé) suffisamment efficaces ?

Aujourd'hui, la qualité d'un outil d'auto-apprentissage se construit par la conjugaison de différents atouts : une qualité de design, une démarche pédagogique adaptée, par l'apport de moteurs ludiques captant l'attention de l'apprenant, par l'utilisation d'un ensemble de règles bien connues telles que la lisibilité et l'accessibilité ... mais il reste linéaire et proposé à tous les individus de la même manière. L'objectif de ce projet de recherche est de concevoir un outil

d'auto-apprentissage capable d'une part, d'offrir des contenus appropriés et d'autre part, de s'adapter de façon automatique aux connaissances de chaque patient qui l'utilise en se basant sur les méthodes facteurs humains et sur des méthodes algorithmiques d'optimisation d'apprentissage.

### 3.3 Collaboration CIFRE ItWell – Inria

ItWell a ainsi collaboré sur ce sujet dans le cadre d'un projet CIFRE avec l'équipe Flowers de Inria Bordeaux, dirigée par Pierre-Yves Oudeyer. Cette équipe est spécialisée dans la modélisation de l'apprentissage des robots, et notamment dans l'optimisation de l'apprentissage en utilisant des méthodes algorithmiques tenant compte du progrès d'apprentissage des apprenants. L'innovation induite par le projet nommé « *KidBreath* » servira :

- Au patient, de progresser plus encore vers un mode responsable d'autogestion de sa maladie ;
- A ItWell, de bénéficier d'une « marge d'avance » en optimisant son métier fondateur (optimisation et personnalisation de la lisibilité et de l'accessibilité de l'information et de l'éducation santé à l'attention du patient).

Le projet proposé permettrait de mettre à disposition des patients, une solution d'auto-apprentissage capable au cours des premières phases d'utilisation, de cerner certains facteurs cognitifs tels que la perception de la maladie, le niveau de connaissance etc. et de s'ajuster au besoin du patient en lui proposant des modules adaptés à son profil. Cette prise en compte des facteurs humains dans le cadre d'une application qui s'adapterait automatiquement à la personnalité d'un apprenant-patient afin d'optimiser la mémorisation et aller chercher des leviers de motivation s'inscrit donc pleinement dans le cadre du développement de la plateforme « Pharm@WebServices » et de son volet pour l'autonomisation du patient atteint de pathologie chronique.

Dans le cadre des travaux de recherche associés à la thèse, ItWell a ainsi mis à disposition les moyens techniques afin de concevoir une application s'inscrivant au mieux aux objectifs de la thèse. Un partenariat a également été contractualisé avec une association de patients afin de valider l'outil du point de vue des données de santé relayées. La rémunération des pharmaciens d'officine ne prenant en charge à l'époque que le suivi de patients sous anticoagulant et asthmatiques, nous avons ciblé pour notre projet cette dernière pathologie chronique chez les enfants. Cette orientation faisait non seulement suite à la volonté de l'association de patients partenaire du projet, mais faisait également sens avec l'équipe de recherche dont les thématiques portent essentiellement sur l'éducation personnalisée. Toute la partie conception est détaillée dans la partie empirique (chapitre 3).

La partie introductive que nous venons de détailler a permis de mettre en exergue le contexte général des problématiques de santé publique liées à la littératie en santé et toutes les conséquences qu'elle peut entraîner au niveau individuel comme au niveau mondial. A l'échelle française, les politiques de santé publique ont commencé à mettre en place des lois favorisant l'éducation thérapeutique des patients atteints de maladie chronique, population la plus sensible au faible niveau de littératie en santé. C'est dans ce cadre nouveau que les industries commencent à intervenir et proposer des solutions facilitant cette éducation thérapeutique. Le chapitre qui suit pose ainsi les bases théoriques qui ont été nécessaires à prendre en compte dans le projet de thèse.



# Chapitre 2 - Partie Théorique

Ce chapitre, qui fournit la base théorique des travaux de recherche de la thèse, a pour objectif de fournir dans un premier temps une description clinique de l'asthme, avec notamment les prises en charge pharmacologiques mais surtout celles liées à l'Education Thérapeutique du Patient (ETP). Après avoir détaillé les différents modèles cognitifs pouvant impacter un changement de comportement dans un contexte lié à la santé et à l'éducation, la section suivante se concentre sur le rôle que joue la motivation intrinsèque dans le développement des technologies éducatives. Enfin, dans une démarche ergonomique, la dernière partie relate les différentes approches existantes dans la conception d'interfaces-homme-machine.

## Sommaire

<b>1</b>	<b>ASTHME ET PRISES EN CHARGE .....</b>	<b>37</b>
1.1	DESCRIPTION CLINIQUE DE L'ASTHME .....	37
1.2	ADHESION THERAPEUTIQUE DANS LES MALADIES CHRONIQUES .....	42
1.3	EDUCATION THERAPEUTIQUE DU PATIENT (ETP) .....	46
1.4	THEORIES COGNITIVES.....	50
<b>2</b>	<b>SYSTEMES NUMERIQUES D'EDUCATION .....</b>	<b>58</b>
2.1	MOTIVATION INTRINSEQUE ET TECHNOLOGIES EDUCATIVES .....	58
2.2	POUR L'EDUCATION EN SANTE.....	73
<b>3</b>	<b>APPROCHES ERGONOMIQUES DES INTERFACES HOMME-MACHINE (IHM) .....</b>	<b>82</b>
3.1	HISTOIRE DE L'INSPECTION ERGONOMIQUE DES INTERFACES .....	82
3.2	LES METHODES DE CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR .....	91
3.1	METHODE DE CONCEPTION PARTICIPATIVE (CP).....	93
3.2	EVALUATION DE LA CP : CRITERES FONCTIONNELS ET HEDONIQUES.....	96
<b>4</b>	<b>SYNTHESE : PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE LA THESE.....</b>	<b>102</b>

# 1 Asthme et prises en charge

## 1.1 Description clinique de l'asthme

### 1.1.1 Définitions et indications

L'asthme est une pathologie inflammatoire chronique des bronches associant plusieurs processus dont une hyperréactivité des bronches, une inflammation locale et un épaissement des parois bronchiques. A l'occasion d'une crise d'asthme, les bronches se contractent, puis développent un œdème diminuant leur diamètre. Les bronches s'obstruent et empêchent l'air de circuler dans les voies respiratoires. La personne asthmatique éprouve alors des difficultés à inspirer et à expirer l'air contenu dans ses poumons. Une toux et un sifflement caractéristiques accompagnent cette gêne. L'inflammation bronchique se prolonge même en l'absence de manifestations, ce qui peut pousser les personnes souffrant d'asthme à interrompre leur traitement. L'inflammation chronique provoque un remodelage des bronches aggravant la maladie asthmatique si aucun traitement de fond n'est mis en place.

On distingue plusieurs niveaux de sévérité de l'asthme qui ont été classifiés par le Professeur Taytard dans le tableau ci-dessous<sup>7</sup>. Les différents traitements pharmacologiques sont décrits en 1.1.3, mais en principe, seules les personnes ayant un asthme intermittent (stade 1), avec des crises très peu fréquentes, n'ont pas besoin d'un traitement de fond. Les niveaux plus élevés de sévérité par contre nécessitent un traitement de fond.

Tableau 2.1 : Classes de sévérité de l'asthme en état stable.

	Asthme intermittent (stade 1)	Asthme persistant		
		Léger (stade 2)	Modéré (stade 3)	Sévère (stade 4)
<b>Symptômes</b>	< 1 / semaine brèves exacerbations	> 1 / semaine et < 1/jour	Quotidiens	Quotidiens + exacerbations fréquentes
<b>Symptômes nocturnes</b>	≤ 2 / mois	> 2 / mois	> 1 / semaine	Fréquents
<b>Activité</b>	/	Peut affecter les activités et le sommeil	Peut affecter les activités et le sommeil	Activités physiques limitées
<b>Bronchodilatateurs</b>	Rares	Peu fréquents	Usage quotidien de β2- adrénergiques	Usage journalier de β2- adrénergiques
<b>DEP ou VEMS</b>	≥ 80% théorique	≥ 80% théorique	60 - 80% théorique	≤ 60% théorique
<b>Variabilité</b>	< 20%	20-30%	> 30%	> 30%
<b>Traitements pharmacologiques</b>	/	Corticoïdes inhalés à faible dose (traitement de fond quotidien) / Cromones +/- Antileucotriènes	Corticoïdes inhalés à faible dose + Bronchodilatateurs bêta-2 mimétiques à longue durée d'action	Corticoïdes inhalés à forte dose + Bronchodilatateurs bêta- 2 mimétiques à longue durée d'action + ou - Corticoïdes en comprimés

<sup>7</sup> <http://www.respir.com/doc/abonne/pathologie/asthme/AsthmeStableClassesSeverite.asp>

En plus de suivre régulièrement le traitement de fond, il est nécessaire d'éviter l'exposition aux facteurs déclenchant ou aggravant l'asthme (tabagisme actif et passif, contact avec des animaux domestiques responsables d'une allergie, exposition à des irritants, etc.). Dès l'apparition de symptômes (et sans attendre la survenue d'une vraie crise d'asthme) il est nécessaire d'utiliser un bronchodilatateur d'action rapide (e.g. Ventoline). Par contre, en cas d'aggravation de l'asthme, plus la Ventoline sera sollicitée et moins elle sera efficace.

### **1.1.2 Outils de contrôle**

Pour évaluer l'efficacité du traitement médicamenteux et éviter une dégradation de la fonction respiratoire, un contrôle régulier de la qualité de l'asthme est nécessaire. Pour cela il existe deux outils de mesure afin de permettre un suivi efficace :

- Le débitmètre de pointe (Figure 2.1 - gauche) est un instrument portable de mesure du souffle. Il est utilisé par le patient lui-même afin de surveiller son asthme et de réagir en cas de crise. Il permet de mesurer le Débit Expiratoire de Pointe (DEP, ou « *peak-flow* » en anglais) qui est un bon reflet du degré d'obstruction des bronches. Pour cela, il suffit de souffler très fort par l'embout après une inspiration profonde, comme pour souffler les bougies d'un gâteau d'anniversaire. Lorsque le patient souffle dans le débitmètre de pointe, l'air pousse un curseur le long d'une règle graduée. Il faut ensuite répéter trois fois l'opération et noter le meilleur chiffre qui est la valeur de DEP du moment.
- Le spiromètre lui (Figure 2.1 - droite) permet de mesurer les capacités respiratoires. Le patient doit inspirer ou expirer par un embout relié à cet appareil, qui établit des courbes et des calculs caractérisant la respiration. L'examen se passe en milieu médical et les résultats obtenus sont ensuite comparés à ceux que l'on obtiendrait chez une personne du même âge, du même sexe et de même taille (valeurs « idéales »). Contrairement au débitmètre de pointe, le spiromètre fournit des courbes Débit/Volume et fonctionne avec des logiciels permettant le suivi du patient à l'aide de ses informations personnelles (nom, prénom, etc.), de ses résultats et des interprétations de ses tests. Il permet de mesurer des paramètres afin d'analyser plus finement la qualité de l'asthme (VEMS, etc.).



**Figure 2.1** : Exemples d'un appareil de débitmètre de pointe (gauche) et d'un spiromètre électronique portable (droite).

### 1.1.3 Traitements pharmacologiques

La liste suivante énumère les traitements pharmacologiques existant en France.

- *Corticoïdes inhalés*. Pris deux fois par jour, ils réduisent l'inflammation des bronches (meilleur passage de l'air) et diminuent la sensibilité des bronches aux agents irritants (réduction des crises d'asthme). Lorsqu'on démarre un traitement par corticoïde inhalé, l'amélioration est progressive et ne sera pleinement ressentie qu'au bout de plusieurs semaines.
- *Bronchodilatateurs bêta-2 mimétiques à longue durée d'action*. Les bêtamimétiques sont les bronchodilatateurs les plus efficaces. Ils entraînent une bronchodilatation en relâchant le muscle lisse bronchique préalablement contracté par action sur les récepteurs bêta-2 des voies aériennes. De plus, ces bêta-2 stimulants sont capables d'induire une relaxation des muscles lisses bronchiques quel que soit le médiateur ayant provoqué la contraction. Ils agissent de façon prolongée (pendant 12 heures par voie inhalée et pendant 24 heures pour les comprimés). Ils doivent être utilisés en traitement de fond, quotidiennement, et toujours associés aux médicaments anti-inflammatoires (corticoïdes). Ils doivent être pris matin et soir et sont disponibles sous forme inhalée ou sous forme de comprimés, plus faciles à utiliser chez les personnes âgées.
- *Traitements de fond combinés de l'asthme* (e.g. Sérétide, Figure 2.2 - gauche). Parce que le traitement de fond de nombreuses personnes asthmatiques comporte quotidiennement un corticoïde et un bronchodilatateur de longue durée d'action à prendre par voie inhalée, il existe des médicaments qui contiennent ces deux types de substances actives dans un seul et même système d'inhalation. Ce type de médicament simplifie la prise du traitement de fond.
- *Bronchodilatateurs bêta-2 mimétiques d'action rapide sous forme inhalée* (e.g. Ventoline, Figure 2.2 - milieu). Les bronchodilatateurs d'action rapide agissent en relâchant les muscles qui entourent les bronches, facilitant le passage de l'air et permettant ainsi de soulager rapidement la respiration. Leur action est rapide (quelques minutes) et limitée dans le temps (4 à 6 heures).
- *Corticoïdes en comprimés* (e.g. Solupred, Figure 2.2 - droite). Ces médicaments doivent être pris suite à une crise sévère ou qui ne passe pas complètement malgré des prises répétées de bronchodilatateur d'action rapide (traitement de la crise).



Figure 2.2 : Exemple de traitements de fond combinés de l'asthme (Sérétide à gauche), de bronchodilatateurs bêta-2 mimétiques d'action rapide sous forme inhalée (Ventoline au milieu) et de corticoïdes en comprimés (Solupred à droite).

- *Antileucotriènes* (Montélukast). Les leucotriènes sont des substances naturellement produites dans les bronches des personnes asthmatiques et qui participent à accroître l'inflammation et à contracter les muscles qui entourent les bronches. Les médicaments

oraux de la famille des antileucotriènes les empêchent d'agir et sont susceptibles de réduire l'inflammation et l'obstruction des bronches. Ces médicaments ont, par ailleurs, une efficacité dans la prévention de l'asthme d'effort. Il est utilisé :

- Chez les patients présentant un asthme persistant léger à modéré (stades 2 et 3), insuffisamment contrôlé, en addition des corticoïdes inhalés et, si nécessaire, des bronchodilatateurs bêta-2 mimétiques ;
  - Chez les patients présentant un asthme persistant léger (stade 2), en alternative aux corticoïdes inhalés à faible dose ;
  - Chez les patients présentant un asthme induit par l'effort, en traitement préventif (en prise au long cours).
- *Cromones* (Lomudal). Les cromones sont un traitement continu anti-inflammatoire qui peut être prescrit dans l'asthme persistant léger (stade 2). Ils se présentent sous forme inhalée et exercent une action locale au niveau de la muqueuse bronchique.

### 1.1.4 Quelques chiffres

Le Global Asthma Report a réalisé une étude à l'échelle mondiale sur la prévalence de l'asthme<sup>8</sup>. Les données récentes chiffrent alors que 334 millions de personnes sont atteintes d'asthme dans le monde avec une prévalence plus importante pour les pays d'Europe du Nord, dont la France (Figure 2.3).

Les résultats de l'étude AIRE\*\* (Asthma Insights and Reality in Europe) (Liard, Renon, Tonnel, Racineux, & Neukirch, 2001), la plus vaste étude jamais réalisée sur l'asthme en Europe, a mis en évidence qu'à peine 5% des asthmatiques européens seraient soignés selon les recommandations internationales en vigueur. L'asthme est à l'origine de 600 000 journées d'hospitalisation, et 6 à 8 personnes décèdent chaque jour des suites d'une crise d'asthme sévère. Le coût estimé de l'asthme est d'1.5 milliards d'euros en dépenses de santé.

En 2013, 14% des enfants avaient manifesté des symptômes d'asthme à l'échelle mondiale (International Study of Asthma and Allergies in Childhood, Figure 2.4)<sup>9</sup>, et ce sont les enfants entre 5 et 14 ans qui manifestent la plus grande sévérité de l'asthme en termes de handicap et de mort prématurée.

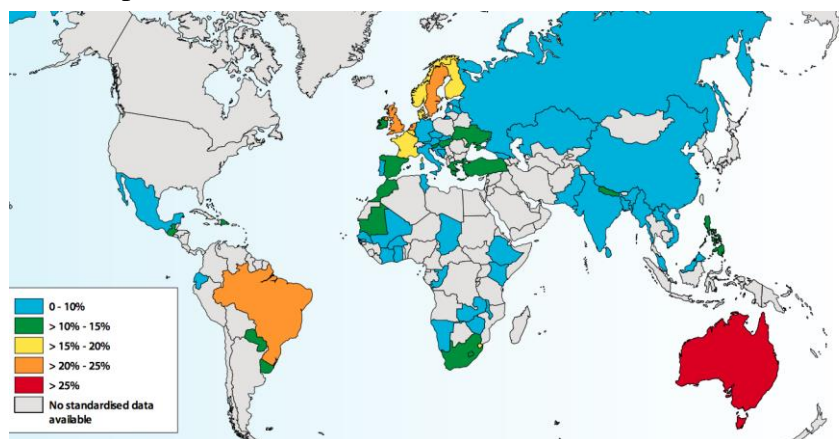


Figure 2.3 : Prévalence des symptômes de l'asthme sur les 12 derniers mois chez les personnes de 18 à 45 ans dans 70 pays (WHO)<sup>10</sup>.

8 <http://www.globalasthmareport.org/burden/burden.php>

9 <http://isaac.auckland.ac.nz>

10 <http://www.who.int/healthinfo/survey/en/>

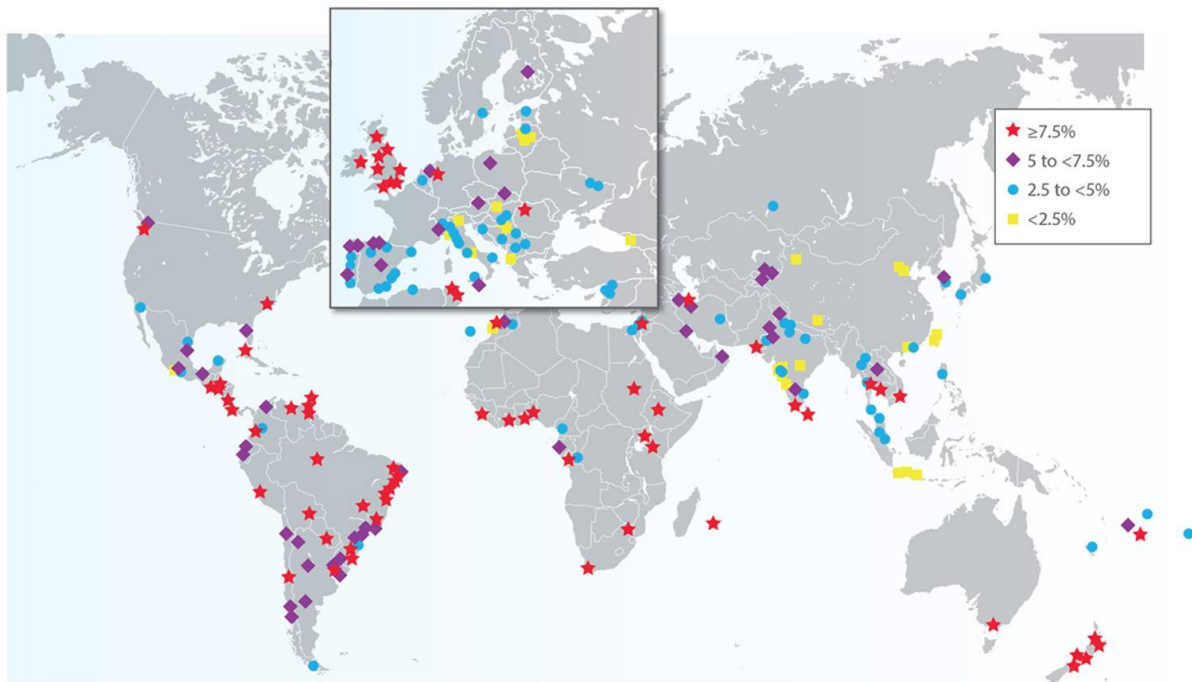


Figure 2.4 : Prévalence de l'asthme sévère chez les enfants de 13 à 14 ans (ISAAC).

En 2006, la dernière étude nationale révèle que 4.15 millions de personnes souffrent d'asthme, soit 6,7% de la population française (Afrite, Allonier, Com-Ruelle, & Le Guen, 2011). A peine un asthmatique sur trois suit un traitement en France, soit environ un million de personnes seulement, et quatre personnes sur dix le prennent correctement. Les patients non-adhérents ont également des coûts en ambulatoire plus faibles (-12%), dus essentiellement à des coûts moindres en médicaments (-10%), mais avec un risque beaucoup plus important d'hospitalisation (Laforest, Com-Ruelle, Devouassoux, Pison, & Van Ganse, 2008). En fonction de la sévérité, le recours aux urgences en France varie de 7% à 22% et le taux d'hospitalisation varie de 1.9% à 15%. En France, cette maladie génère près de 43 000 hospitalisations entre 2005 et 2007 (Fuhrman et al., 2011), est resté encore responsable de près de 1000 décès par an (Tual, Godard, Bousquet, & Annesi-Maesano, 2008).

En France, 10% des enfants sont atteints d'asthme, ce qui en fait la première maladie chronique (Darras & Demoly, 2006), avec une croissance et une sévérité qui ne cessent d'augmenter depuis les années 2000 (Delmas et al., 2014). Chez cette population, 26% d'entre eux ne contrôlent pas leur asthme, c'est-à-dire qu'une crise d'asthme peut survenir à tout moment (de Blic et al., 2009).

L'une des causes des nombreuses hospitalisations des enfants asthmatiques est due aux effets iatrogènes des traitements, et notamment au manque d'observance (*compliance* - prendre le traitement prescrit) et d'adhésion thérapeutique (*adherence* - attitude positive à l'égard des bonnes conduites sanitaires) (Morris & Schulz, 1992). En effet, seulement 50% d'entre eux sont adhérents et observants (Bauman et al., 2002; de Blic, 2007), et un des facteurs principaux d'une faible adhésion thérapeutique est notamment le manque de connaissance associé à cette maladie (de Benedictis & Bush, 2007; Kharrazi, Watters, & Oore, 2008; Lieberman, 2001; Naimi et al., 2009).

## **1.2 Adhésion thérapeutique dans les maladies chroniques**

### **1.2.1 Description**

Selon l’OMS, l’adhésion est définie comme « *la mesure à laquelle le comportement d’une personne dans le cadre de la santé (prise de médicaments, suivi de régime, changement de styles de vie) correspond à l’accord des recommandations venant de praticien* »<sup>11</sup>. L’OMS considère que la non-adhésion à un médicament oral est le facteur modifiable le plus important compromettant les résultats au traitement. L’adhésion à un traitement efficace est alors essentielle dans la réussite du résultat dans le cadre du traitement de la maladie (Johnston Lloyd, Ammary, Epstein, Johnson, & Rhee, 2006). En effet, la non-adhésion affecte à la fois l’efficacité d’un médicament en la diminuant et la toxicité en l’augmentant (Partridge, Kato, & DeMichele, 2009; Ruddy, Mayer, & Partridge, 2009), et cela même en étude clinique (Tebbi, 1993). De plus, elle ne menace pas seulement les résultats du traitement, mais provoque aussi une augmentation des soins de santé. En effet, cela entraîne une augmentation du nombre de visites chez le médecin et du taux d’hospitalisation avec des séjours plus longs (Lebovits et al., 1990; Martin et al., 2005). Par exemple, les dépenses annuelles dues à la non-adhésion des patients ont été estimées à plus de 100 milliards de dollars (DiMatteo, 2004).

Dans la littérature, plusieurs recherches ont indiqué que les taux de non-adhésion sont plus élevés dans les pathologies chroniques que dans celles aiguës, et près de 40% des patients échouent dans l’adhésion aux recommandations du traitement (DiMatteo, 1994; Sackett, 1976). Une étude a montré que sur les 3137 patients admis dans 33 hôpitaux en France, 3.19% (100 patients) des hospitalisations étaient dues à des effets indésirables médicamenteux, et la majorité des patients étaient des personnes âgées. Les causes les plus fréquentes de cette iatrogénie étaient de nature gastro-intestinale. Parmi ces 100 patients, 13 avaient une hémorragie causée par un anticoagulant. Ces données sont similaires à celles recensées en Australie (entre 2.4 et 3.6 % d’hospitalisations dues à une iatrogénie) et aux Etats-Unis (entre 3.1 et 6.2 %).

*NB : Certains auteurs parlent d’adherence (terme anglais, traduit par « adhésion » en français) comme étant similaire à la compliance (terme anglais, traduit par « observance » en français) d’un traitement, mais d’autres les distinguent (Lamouroux, Magnan, & Vervloet, 2005) : le terme d’observance définit la capacité à prendre correctement un traitement tel qu’il est prescrit par le médecin. L’adhésion thérapeutique renvoie à une volonté et à une approbation réfléchie de l’individu à prendre en charge sa maladie, alors que l’observance renvoie à la conformité thérapeutique (Salicru, 1997). L’adhésion fait ainsi référence à des processus intrinsèques tels que les attitudes et la motivation des patients à suivre leurs traitements.*

### **1.2.2 Facteurs d’influence**

Les études qui suivent énumèrent différents facteurs qui ont été identifiés comme source de non-adhésion aux traitements dans l’asthme. Ces derniers peuvent se décrire en quatre grandes familles : les facteurs médicaux et médicamenteux, les facteurs culturels, économiques et sociodémographiques, les facteurs individuels, et enfin les facteurs relationnels « patient-soignant ».

---

<sup>11</sup> <http://www.who.int/healthpromotion/conferences/9gchp/health-literacy/en/>



### 1.2.2.1 Facteurs médicaux et médicamenteux

- *Sévérité* (Barr, Somers, Speizer, & Camargo, 2002; Diette et al., 1994). Les patients ayant un niveau de sévérité de l'asthme plus important ont un taux d'adhésion plus faible. En effet, les patients asthmatiques de stade 2, 3 et 4 ont respectivement un taux d'adhésion de 57, 55 et 32% à leur régime de traitement recommandé.
- *Changement comportemental*. Le degré de changement comportemental requis pour appliquer le régime de traitement comme le style de vie ou les habitudes peut atteindre une non-adhésion de 70% (Brownell & Cohen, 1995). En effet, plus le changement devra être important et plus il sera difficile de le maintenir quotidiennement (Partridge, Ades, Spicer, Englander, & Wickerham, 2007; Partridge et al., 2009).
- *Vécu*. Les patients ayant vécu des expériences antérieures liées à une aggravation de la maladie, comme les anciens fumeurs ou ceux ayant dû se faire hospitaliser à cause d'un effet iatrogène du traitement, seront plus adhérents par la suite (Barr et al., 2002).
- *Comorbidités* (Barr et al., 2002; Clark, Jones, Keller, & Vermeire, 1999; Kahana, Frazier, & Drotar, 2008; Partridge et al., 2007; Tu & Sin, 2001). La dépression est en effet un gros facteur de risque dans la non-adhésion (Ballenger et al., 2001; DiMatteo, Lepper, & Croghan, 2000), mais peu reconnue dans l'interaction des premiers soins car les patients ont un manque de conscience et de reconnaissance des symptômes de cette maladie (Martin et al., 2005). En effet, les patients ne se plaignent que des symptômes physiques et n'admettent pas les symptômes psychologiques par peur d'être stigmatisés. Le risque de non-adhésion est 27% plus élevé chez les patients chroniques dépressifs car ils expriment un pessimisme, des déficits cognitifs et un retrait du support social, tout ce qui peut diminuer sa bonne volonté et sa capacité à suivre les régimes médicaux. Au niveau des praticiens, le manque de reconnaissance se caractérise par un manque de connaissance de la maladie, un manque d'entraînement de gestion de la dépression, une réticence à se renseigner de l'état émotionnel du patient et un temps disponible pour les patients (Docherty, 1997). Par conséquent, les médecins ne diagnostiquent pas 50 à 70% de personnes présentant des désordres dépressifs, en dépit du dommage potentiel du patient à adhérer au traitement (Higgins, 1994).
- *Nombre et interactions médicamenteuses* (Partridge et al., 2009). Une étude a montré que le taux d'adhésion pouvait être inférieur jusqu'à 20% chez les patients qui prennent au moins 13 pilules par jour (Graveley & Oseasohn, 1991). Une autre étude a montré que chez les patients ayant de l'hypertension, l'adhésion d'une prise de médicaments tri-quotidienne n'est que de 59% contre 84% pour des prises uni-quotidiennes (Eisen, Miller, Woodward, Spitznagel, & Przybeck, 1990). La complexité du régime (fréquence et nombre de médicaments) joue également un rôle (Partridge et al., 2007). En effet, la non-adhésion peut atteindre 70% (Brownell & Cohen, 1995).
- *Effets secondaires*. Un protocole de traitement non adapté avec des effets secondaires importants impactera fortement l'adhésion (Partridge et al., 2007, 2009). Une étude faite sur des femmes de plus de 55 ans ayant un cancer du sein a montré que celles qui avaient connu des effets secondaires à leur traitement (fatigue, nausées, douleur osseuse etc.) avaient quatre fois plus de chance d'être non-adhérentes que celles qui n'avaient pas d'effets secondaires.



*1.2.2.2 Facteurs socio-culturels et économiques*

- *Culture* (Alcalai, Ben-Yehuda, Ronen, & Paltiel, 2003; Newman et al., 2006; Partridge et al., 2009). Dans les comportements en santé liés à la culture, les groupes ethniques minoritaires ont un taux de survie au cancer nettement plus faible, dû notamment à certaines attitudes culturelles, combinées avec les facteurs biologiques et socioéconomiques, comme le fatalisme (Bjorck, Hopp, & Jones, 1999; Powe & Finnie, 2003; Schnoll et al., 2002). En effet, la croyance que la mort est inévitable quand une personne a un cancer est considérée comme un facteur qui influence les comportements de prévention au cancer et l'adhésion au traitement. Les fatalistes considèrent en effet que les médicaments n'aident pas, que les résultats dépendent du sort et non du traitement et que le bénéfice potentiel ne vaut pas le risque, avec les effets secondaires et coûts qu'ils engendrent (Partridge et al., 2007). Les barrières linguistiques sont également des facteurs entraînant une mauvaise adhésion (Partridge et al., 2007).
- *Entourage social*. Les parents célibataires sont également considérés comme une population à risque pour la non-adhésion (Kahana et al., 2008). Dans la même lignée, la capacité des proches à superviser le traitement (parents, conjoint) peut en effet améliorer l'adhésion thérapeutique (Partridge et al., 2009), tout comme lorsque les patients savent que leur traitement est surveillé et suivi (Partridge, 2002).
- *Finances* (Partridge et al., 2007, 2009). De façon évidente, la capacité du patient à payer ces médicaments a un impact considérable sur son adhésion thérapeutique, notamment pour ceux qui n'ont pas de couverture santé à cause du prix élevé des médicaments (Partridge et al., 2007).

*1.2.2.3 Facteurs personnels ou individuels*

- *Adolescence* (Kahana et al., 2008; Partridge et al., 2009). Les adolescents sont les patients les moins adhérents à leur traitement. Cela peut s'expliquer par leur sentiment d'invulnérabilité ou à leur transition à l'âge adulte, lorsqu'ils apprennent à devenir responsable envers eux-mêmes. Pour Beale et ses collaborateurs (Beale, Kato, Marin-Bowling, Guthrie, & Cole, 2007), cela peut venir d'un manque d'intérêt pour leur propre bien et dans leurs connaissances en santé.
- *Senescence* (Barr et al., 2002; Moorman, Moorman, & Mannino, 2001; Parameswaran et al., 1998; Tu & Sin, 2001; Williams, Baker, Honig, et al., 1998). Cela est dû en partie à l'apparition de comorbidités telles que les maladies mentales et la dépression (Tu & Sin, 2001), mais également dû au changement de statut d'assurance médicale (Gordillo, del Amo, Soriano, & González-Lahoz, 1999). En 2003, une étude sur les comportements de prise de médicament entre 17 685 seniors a montré que 27% n'avaient pas de couverture santé, affectant leur comportement de prise de médicaments. Globalement, 22% des seniors ayant une couverture santé et 37% de ceux qui n'en avaient pas ont rapporté une non-adhésion. Parmi ceux qui avaient une maladie chronique (avec ou sans couverture), 52% étaient non-adhérents (Safran, Neuman, Schoen, & Montgomery, 2003). Dans la même lignée, le statut de retraité (Barr et al., 2002 ; Tu & Sin, 2001), bien qu'il soit difficile de séparer ce facteur de celui de l'âge, et l'isolement social (Barr et al., 2002; Clark et al., 1999) ont un impact sur l'adhésion.
- *Littératie en santé* (Martin et al., 2005). Selon Healthy People 2010, la littératie en santé implique le « *degré dans lequel les individus ont la capacité à obtenir et comprendre des informations et des services basiques en santé nécessaire pour prendre des décisions appropriées en santé* » (voir chapitre d'introduction). La

population âgée est la plus concernée par la littératie en santé (Williams, Baker, Honig, et al., 1998). Une étude sur 2500 patients a montré que près d'un tiers des patients avaient une mauvaise littératie en santé. Parmi eux, 42% ne comprenaient pas les directives pour prendre les médicaments avec un estomac plein, 25% ne comprenaient pas le calendrier de leur rendez-vous, et 60% étaient incapables de lire et de comprendre un document standard de consentement (Williams et al., 1995). Une autre étude a été effectuée chez des patients asthmatiques où on leur a donné de nombreuses informations sur l'utilisation du corticostéroïde à inhaler. Les résultats ont montré que seulement 38% ont adhéré à ce régime de traitement, tandis que les 62% restants ont continué de croire à tort que le médicament ne devait être pris que lorsque les symptômes apparaissaient (Anarella, Roohan, Balistreri, & Gesten, 2004).

- *Niveau d'éducation* (Barr et al., 2002; Kahana et al., 2008; Lang, Sherman, & Polanski, 1997; Partridge et al., 2007; Powe & Finnie, 2003). Lié à la notion de la littératie en santé, les niveaux d'éducation moindres influencent les comportements de prévention et les taux d'adhésion car les patients ont un manque de conscience sur la maladie et le traitement.
- *Négligence/Oubli* (Kravitz et al., 1993). L'oubli de prendre des médicaments, ou sur la façon de les prendre, est un fort contributeur à la non-adhésion. En effet, les patients oublient près de 56% de leurs instructions après avoir quitté la clinique (Ley & Spelman, 1965). De plus, lorsqu'on présente aux patients une grande quantité d'information, ils ont tendance à en oublier une grande proportion (Ley, 1998). La rétention d'information peut être altérée lorsque la communication verbale entre praticien et patient est remplie de termes techniques et de jargon médical qui empêche la compréhension du patient (Jackson, 1992). Dans plusieurs études récentes, 30% des patients ont rapporté que le principal facteur à la non-adhésion était la négligence (oubli, manque de mémoire) (Shemesh et al., 2004; Ulrik et al., 2006).
- *Anxiété* (Ley, 1998). Il peut baisser le niveau de rappel du patient, et augmenter le risque de non-adhésion.
- *Sentiment d'efficacité* (Bandura, 1997). Les patients qui ont un faible sentiment d'efficacité par rapport à un comportement en santé spécifique, auraient une dégradation dans leurs comportements de santé et résultats de santé. On parle également de mauvaise estime de soi comme facteur de risque à la non-adhésion (voir 1.4.5).

### 1.2.2.4 Facteurs relationnels « patient-soignant »

- *La surestimation de la littératie en santé du professionnel de santé*. Les procédures de distribution suivies pas les pharmacies peuvent influencer négativement l'adhésion dû au manque de clarté et d'explication pour que le patient comprenne son traitement (Partridge et al., 2009). Dans la même lignée, le manque de soin continu des fournisseurs de soins par manque de conscience de la non-adhésion mais aussi à cause des mauvaises relations de communication entre pharmacien et patient joue également un rôle (Partridge et al., 2007), notamment sur l'importance des médicaments, comment les prendre, leurs effets secondaires etc. (Martin et al., 2005). Les conseils donnés aux patients par les professionnels de santé pour soigner ou contrôler leur maladie peuvent être mal compris, mal effectués, oubliés, ou complètement ignorés (Martin et al., 2005).
- *L'insuffisance du dialogue patient-soignant*. Dans une étude avec le Bayer Institute for Health Care Communication, les résultats suggèrent que l'intention des patients

à adhérer à leurs traitements recommandés est corrélée avec la possibilité de choix du traitement médical, l'opportunité de discuter de leurs soins avec leur praticien et les prises en compte de leurs préférences. De nombreuses études ont également montré que la communication praticien/patient avec implication et participation du patient dans ses soins était un facteur important d'adhésion (Martin, Jahng, Golin, & DiMatteo, 2003; O'Malley, Forrest, & Mandelblatt, 2002; Ong, de Haes, Hoos, & Lammes, 1995; Street, Krupat, Bell, Kravitz, & Haidet, 2003).

Ainsi, la non-adhésion thérapeutique est multifactorielle, avec toutefois une prégnance des facteurs liés directement ou indirectement à la littératie en santé. Pour cette raison, les interventions ciblant l'éducation en santé sont actuellement privilégiées pour améliorer l'adhésion thérapeutique dans le contexte des maladies chroniques. A ce titre, les prises en charge proposées consistent en des programmes d'Education Thérapeutique du Patient (ETP).

## **1.3 Education Thérapeutique du Patient (ETP)**

### **1.3.1 Assise théorique et législation de l'ETP**

L'ETP peut être définie de plusieurs manières mais elle désigne essentiellement l'aide apportée par une équipe soignante aux patients atteints d'une pathologie chronique ainsi qu'à leurs proches afin de mieux comprendre leur maladie, leurs traitements et d'y faire face plus efficacement, au travers d'une posture pédagogique. Pour le Haut conseil de la Santé Publique, l'ETP consiste à « *adopter une démarche pédagogique structurée afin d'aider les patients à acquérir les compétences dont ils ont besoin pour suivre les traitements qui leur sont prescrits* » (Sandrin-Berthon, 2009).

Se situant entre médecine, pratiques du soin et éducation, l'éducation thérapeutique du patient emprunte notamment ses concepts aux sciences humaines et sociales, aux sciences de l'éducation, et à la psychologie. Ses finalités sont définies par la Haute Autorité de Santé (HAS, 2007b) dans le cadre de programmes structurés (qui vont être évalués par les Agences Régionales de Santé), où on s'assure que le patient acquiert deux types de compétences. Les premières dites d'auto-soins - c'est-à-dire les décisions et actions du patient qui permettent de soulager un symptôme, d'initier un traitement et de réaliser des gestes techniques de soin (e.g. coordination main-poumon pour la prise d'un inhalateur chez les asthmatiques), de façon à être acteur de sa santé de manière autonome et efficace -. Les secondes compétences à développer sont les compétences d'adaptation (au sens large) du patient.

L'éducation thérapeutique est un élément essentiel du traitement des maladies de longue durée telles que l'asthme (WHO, 1998). Les recommandations internationales stipulent de façon explicite que l'éducation thérapeutique du patient fait partie intégrante du traitement et de la stratégie de prise en charge du patient asthmatique (Boulet, Becker, Bérubé, Beveridge, & Ernst, 1999; Institute for Clinical Systems Integration, 1999; Makino, 1995; National Heart Lung and Blood Institute & OMS, 1996; National Institutes of Health & National Heart Lung and Blood Institute, 1997; Scottish Intercollegiate Guidelines Network, 1998; Veterans Health Administration, 1997).

En France, cette pratique fait l'objet d'une priorisation en matière de santé publique et a été appuyée par une succession de textes officiels (Foucaud, Bury, Balcou-Debussche, & Eymard, 2010):

- En 1980, le Comité des ministres réuni au Conseil de l'Europe déclare que toute personne a le droit de connaître l'information recueillie sur sa santé et recommande les programmes privilégiant la participation active des malades à leur traitement.
- En mai 1998, l'OMS rédige les compétences attendues des soignants dans ce domaine. Ils doivent alors être en mesure d'organiser, mettre en œuvre et évaluer des programmes et des activités d'éducation thérapeutique, en prenant en compte les singularités des patients (expérience, représentations) et en se centrant sur leurs apprentissages à « gérer leur maladie » dans le quotidien.
- En février 1999, le manuel d'accréditation des établissements de santé prévoit que le patient bénéficie « *des actions d'éducation concernant sa maladie et son traitement, et des actions d'éducation pour la santé adaptées à ses besoins* ».
- En 2000, la Conférence Nationale de Santé souligne l'intérêt de développer la prévention et l'éducation, dans une approche de promotion de la santé. Le souhait de voir se renforcer l'éducation thérapeutique du patient et la diffusion des pratiques professionnelles éducatives à l'ensemble des futurs intervenants du domaine de la santé est mentionné (proposition n° 8).
- La loi Kouchner du 4 mars 2002 affirme « *le droit de toute personne d'accéder aux informations relatives à sa situation de santé [...] et d'être reconnue comme un acteur partenaire de sa santé avec les professionnels. Elle garantit ainsi la délivrance d'une information claire aux patients et favorise le respect d'un consentement libre et éclairé* »<sup>12</sup>.
- En avril 2007, un plan d'amélioration de la qualité de vie des patients atteints de maladies chroniques énonce quatre objectifs : aider chaque patient à mieux connaître sa maladie pour mieux la gérer, élargir la pratique médicale vers la prévention, faciliter la vie quotidienne des malades, mieux connaître les conséquences de la maladie sur leur qualité de vie.
- En juin 2007, le guide méthodologique de la HAS présente les éléments fondamentaux de « *structuration d'un programme d'éducation thérapeutique du patient dans le champ des maladies chroniques* ».
- En 2009, la loi portant réforme de l'Hôpital et relative aux Patients, à la Santé et aux Territoires est consacrée à l'éducation thérapeutique du patient (HPST). Elle est pour la première fois reconnue comme thérapeutique à part entière avec son cadre, ses finalités et ses modes de financement dans une loi de santé publique. Elle stipule notamment dans son Art.L. 1161-1.- que « *l'éducation thérapeutique s'inscrit dans le parcours de soins du patient. Elle a pour objectif de rendre le patient plus autonome en facilitant son adhésion aux traitements prescrits et en améliorant sa qualité de vie* ».

Nous voyons donc au travers de ces multiples textes une volonté politique de développer l'éducation thérapeutique du patient et d'en faire un dispositif de soin à part entière. Parallèlement au développement de l'offre de programmes, les formations en ETP se sont également multipliées afin de répondre aux besoins des équipes. En effet, la législation a bien évolué dans ce sens, avec notamment la parution en janvier 2015 d'un arrêté modifiant les compétences requises pour dispenser ou coordonner un programme d'ETP<sup>13</sup> et demandant un minimum de 40 heures de formation pour tous les intervenants dans le programme.

---

12 Loi n° 2002-303 du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé.

13 Arrêté du 14 janvier 2015 relatif au cahier des charges des programmes d'éducation thérapeutique du patient et à la composition du dossier de demande de leur autorisation et de leur renouvellement et modifiant l'arrêté du 2 août 2010 modifié relatif aux compétences requises pour dispenser ou coordonner l'éducation thérapeutique du patient.

Pour ce qui est de la théorie, l'ETP s'appuie sur divers courants de l'éducation et du développement qui modélisent les mécanismes de l'apprentissage. D'une part, elle s'inspire du béhaviorisme (la science du comportement) qui considère l'apprentissage comme réponse à un stimulus et comme une adaptation au milieu, en mettant de côté les processus mentaux, et ayant pour finalité la production d'un nouveau comportement. D'autre part, elle se base sur le constructivisme, porté par Jean Piaget (1896-1980), qui met l'accent sur les processus de la pensée (cognition) dans l'adaptation à l'environnement et la construction de nouveaux savoirs. Elle s'appuie également sur le socioconstructivisme de Lev Vygostki (1896-1934) et l'importance de l'apprentissage social de Bandura (Bandura, 1986).

Ainsi, la conception de l'ETP concernant l'apprentissage du patient s'inspire de ces divers courants et s'appuie sur ces principes dans sa pratique. En effet, elle considère le patient comme un apprenant, sur la base d'une activité mentale résultant d'une interaction entre l'environnement et le sujet. Elle prend en compte l'environnement social du malade, son contexte émotionnel, et met l'accent sur un travail collaboratif afin de créer de nouveaux savoirs et d'en faciliter l'assimilation. Ajoutons à cela un travail d'auto-évaluation qui participe à l'apprentissage sur le long terme.

### **1.3.2 L'ETP en pratique**

L'ETP est le plus souvent mis en œuvre par le biais d'un programme dédié à une maladie spécifique ou à un groupe de maladies ayant de fortes similitudes. Le programme se décline en plusieurs ateliers thématiques qui répondent aux besoins des patients - présumés suivant la pathologie, ou mis en lumière par des enquêtes de satisfaction et d'attentes directement auprès des patients -. Ainsi, il existe des ateliers diététiques, des ateliers de connaissance médicale, sur les traitements de la maladie, mais également des ateliers sur le bien-être ou sur le sport. Ils sont mis en place par des professionnels spécialistes, tels que des kinésithérapeutes, diététiciens, psychologues, chirurgiens, infirmières etc. qui ont pour mission de transmettre leurs connaissances de la manière la plus pédagogique possible.

En pratique, le patient, tel un élève face à l'équipe enseignante, va devoir acquérir ces compétences, les développer, et apparaître comme adaptable et performant aux yeux de l'équipe le prenant en charge, tout cela dans un circuit pédagogique structuré. D'abord, par un Diagnostic Educatif (DE), fruit du partenariat entre le patient et l'équipe soignante qui va donner des objectifs à atteindre pour le patient (acquisition de certains savoirs, de compétences, etc.). Ensuite, il participera à divers ateliers (individuels ou collectifs) encadrés par des professionnels de santé et ayant pour but de transmettre des connaissances et des pratiques. L'atelier se déroule en général sur quelques heures et la participation au programme entier peut s'étaler sur une journée dans le mois. Vont être évalués en fin de parcours l'assimilation de ces connaissances et de manière plus globale l'acquisition des compétences ciblées par le DE.

Bien qu'elle repose sur des bases théoriques riches, il existe des disparités en fonction des programmes et des équipes, où l'ETP reste une pratique largement dépendante de la conception du soignant à l'égard du patient et des relations de chacun. Dans notre cas, nous allons nous cibler sur les recommandations des domaines de connaissances à acquérir lors de la mise en place du DE, établies par l'Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé pour le patient asthmatique (ANAES, 1998, 2002).

### 1.3.3 Dimension cognitive du Diagnostic Educatif

Première étape d'un programme d'ETP, le Diagnostic Educatif (DE) est défini par la HAS comme suit : « *Identification [avec le patient] de ses besoins et de ses attentes et à la formulation avec lui des compétences à acquérir ou à mobiliser et à maintenir en tenant compte des priorités du patient. C'est l'occasion d'identifier la réceptivité du patient à la proposition d'une ETP* » (HAS, 2007a). Il permet de « *connaître le patient, identifier ses besoins, ses attentes, et sa réceptivité* ». Des données y sont répertoriées telles que la situation socioprofessionnelle du patient, ses affects, son environnement social et culturel, ses ressources, ses habitudes alimentaires, etc.

L'objectif de la mise en place d'un DE repose sur des approches cognitives d'adoption de comportement de santé (motivations à adopter un nouveau comportement), et de planification des interventions éducatives (stratégies pour instaurer et maintenir le nouveau comportement) (Godin, 1991), proposés dans un modèle par Green (Green, 1980), lui-même, appliqué par d'Ivernois et Gagnayre (d'Ivernois & Gagnayre, 2004). Ces derniers ont ainsi fondé le DE selon cinq dimensions :

- Biomédicale : qu'est-ce qu'il/elle a ?
- Socioprofessionnelle : qu'est-ce qu'il/elle fait ?
- Psycho-affective : qui est-il/elle ?
- Projet du patient : quels projets ?
- Cognitive : qu'est-ce qu'il/elle sait et croit savoir ?

La dimension cognitive du DE permet de définir ce que le patient connaît réellement de sa maladie, comment il se représente la maladie et les traitements, les conséquences pour lui (elle) et ses proches, selon entre autres, son appartenance culturelle. Cette dimension est primordiale à intégrer dans le DE car le patient que l'on éduque en ETP n'est jamais exempt d'une « culture » en santé, de connaissances antérieures sur sa maladie. Ce qu'il sait est composé de ce qu'il a appris par sa propre expérience (un savoir solide, auquel il croit fermement) et de ce que d'autres lui ont enseigné : un mélange de faits exacts, de connaissances médicales périmées, de croyances et de représentations (Massol, Lejonc, Mottier, & Queneau, 1998).

En résumé, les recommandations de l'ANAES (ANAES, 1998) ont permis d'isoler quatre grands domaines de connaissance sur l'asthme ayant un intérêt pour l'éducation du patient, que l'on retrouve dans la dimension cognitive du DE :

- Aspect biomédical de l'asthme : anatomie, physiologie respiratoire et allergie, représentation de la maladie et ses mécanismes ;
- Les symptômes d'asthme et les signes de gravité, croyances, représentations, conceptions ;
- Les connaissances d'ordre général : les facteurs favorisant les manifestations de l'asthme (rôles du sport, air froid, infections, tabac). La vie quotidienne des patient et le vécu de leur maladie sont également pris en compte ;
- La connaissance du traitement de l'asthme, des différents moyens thérapeutiques mis à disposition, de leurs indications, de leur rôle et de leur mode d'action, la conduite à tenir en cas de crise en présence de signes de gravité. Une distinction est faite entre le traitement de fond, anti-inflammatoire, et le traitement de crise, broncho-dilatateur.

Ces domaines de connaissance ont ainsi permis à Nguyen et ses collaborateurs de concevoir et de valider un questionnaire de connaissance sur l'asthme dans le but de cibler les connaissances initiales du patients lors du DE d'un programme d'ETP (Nguyen et al., 2003).

De façon complémentaire, un guide de recommandation a été précisé pour les enfants (ANAES, 2002), où bien que l'on retrouve les différents domaines de connaissances préalablement détaillés, le contenu du programme est décliné par objectifs :

- Dans le domaine des connaissances :
  - Comprendre sa maladie ;
  - Identifier ses facteurs d'exacerbation (allergènes, pollution, infections respiratoires, tabagisme, interruption du traitement de fond, effort physique) ;
  - Connaître les moyens de prévention de ses crises ;
  - Connaître les signes de gravité d'une crise ;
  - Comprendre les modalités de son traitement (traitement de crise et traitement de fond).
- Dans le domaine des habiletés :
  - Maîtriser les techniques d'inhalation (dispositifs d'inhalation et chambre d'inhalation) et le débitmètre de pointe ;
  - Maîtriser sa respiration dans diverses situations (activité sportive, épisode de stress, etc.).
- Dans le domaine des attitudes, être capable :
  - D'exprimer et de partager le vécu de sa maladie ;
  - De reconnaître ses symptômes et de prendre des mesures adaptées et simples d'autogestion, avec ou sans l'aide de son entourage ;
  - De solliciter l'intervention des soignants selon le degré d'urgence (médecin traitant, urgences hospitalières, Centre 15 ou appel 112) ;
  - De gérer sa maladie en harmonie avec ses activités et ses projets ;
  - De développer des comportements de prévention des exacerbations d'asthme dans des situations exposant à des facteurs déclenchants ;
  - De renoncer à la pratique d'un sport, d'un loisir ou d'une activité professionnelle peu compatible avec la maladie asthmatique car réalisée dans un contexte exposant à des facteurs déclenchants.

Après avoir détaillé les recommandations françaises concernant les domaines de connaissance à acquérir pour un changement de comportement en santé dans le cadre d'une intervention ETP, la partie suivante détaille de façon plus théorique les modèles cognitifs pouvant intervenir et influencer ce changement de comportement en santé et, par conséquent, l'adhésion thérapeutique du patient atteint de maladie chronique.

## **1.4 Théories cognitives**

### **1.4.1 Théorie de contrôle (Cohen & Edwards, 1989)**

Les personnes souhaitent en général avoir un fort pouvoir de contrôle sur leur destin. Les individus qui exercent un contrôle personnel (prendre des décisions qui affectent les résultats) proviennent de leur volonté à l'exercer et sont mieux adaptés que ceux qui ont un faible contrôle sur leur environnement ou leur destin. Les chercheurs ont alors émis l'hypothèse que les patients ne désirent pas de hauts niveaux de contrôle dans des situations où les conséquences de leur échec seraient sévères et pourraient être fatales.

### 1.4.2 Théorie de l'action raisonnée (Fishbein & Ajzen, 1975)

Les intentions des personnes à effectuer un comportement, comme suivre un traitement médical, est précurseur du comportement lui-même. Cela signifie qu'avoir l'intention d'adhérer est essentiel pour suivre le régime de traitement recommandé. Cette intention serait quant à elle déterminée par l'attitude de la personne et par ses normes subjectives relatives au comportement en question. Les normes subjectives sont définies comme étant la perception de l'individu sur le fait que la plupart de ses proches sont d'avis qu'il devrait ou ne devrait pas effectuer le comportement en question. Cela peut se résumer par l'équation :

$$\text{Intention comportementale} = \text{Attitude} + \text{Normes Subjectives}$$

Selon cette théorie, l'attitude d'une personne envers un comportement serait établie par ses croyances envers les conséquences de ce comportement. Les croyances sont définies par la probabilité subjective de l'individu sur le fait qu'effectuer un comportement particulier va produire des résultats spécifiques. Ce modèle se base donc sur le postulat que les stimuli externes influencent les attitudes et cela en modifiant la structure des croyances de l'individu. Par ailleurs, l'intention d'effectuer un comportement est également déterminée par les normes subjectives qui sont elles-mêmes issues des croyances normatives d'un individu et par sa motivation à se plier aux normes.

Les intentions dépendent donc de ce que les personnes pensent et croient, quelles attitudes elles tiennent et comment leur entourage les influence. Par exemple, si leur entourage a des vues divergentes sur leur maladie et leur traitement, les patients auront des difficultés de bonne volonté et donc d'adhérer au traitement (surtout dans des conditions stigmatisantes comme le VIH, la dépression, l'anxiété, etc.).

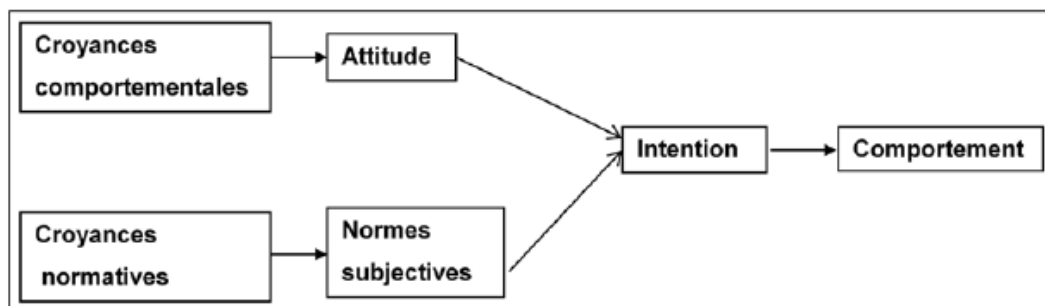


Figure 2.5 : Théorie de l'action raisonnée (Fishbein & Ajzen, 1975).

### 1.4.3 Théorie du comportement planifié (TCP) (Ajzen, 1985, 1991)

Cette théorie est une amélioration de la théorie de l'action raisonnée, car elle négligeait le fait que nos comportements ne sont parfois que partiellement volontaires, ou bien qu'ils sont dépendants du contrôle que nous pensons avoir sur nos actes. Selon la TCP, le comportement humain doit d'abord être décidé/planifié pour être effectif. L'action humaine est alors guidée par trois composantes :

- Les croyances sur la probabilité des résultats du comportement et les évaluations de ces résultats (croyance de comportement). Ce genre de croyance entraîne un comportement favorable ou défavorable (attitudes).
- Les croyances sur les attentes légitimes des autres, et la motivation à se conformer à ces attentes (croyances normatives). Ce genre de croyance produit une pression sociale (normes subjectives).
- Les croyances sur la présence de facteurs (temps, argent, connaissance, coopération des autres, etc.) qui peuvent faciliter ou empêcher la performance du comportement et le



pouvoir perçu de ces facteurs (croyance de contrôle). Ce genre de croyance montre l'intensité des facteurs de contrôle (contrôle comportemental perçu).

- La perception du contrôle sur le comportement se réfère aux ressources dont dispose l'individu, à ses propres capacités, aux opportunités disponibles ainsi qu'à la perception de l'importance d'arriver à accomplir les résultats. Le concept de perception du contrôle sur le comportement se rapproche du concept d'auto-efficacité de Bandura (Bandura, 1982). En effet, les croyances d'un individu sur son auto-efficacité peuvent avoir une influence sur son choix d'activités, sur sa préparation pour l'activité et finalement sur l'effort qu'il met en place durant l'activité en question (« si je veux, je suis capable de le faire »). Ainsi, si par exemple deux individus ont la forte intention d'apprendre une nouvelle langue, celui qui pense qu'il parviendra à le faire aura tendance à persévérer davantage que celui qui doute de ses capacités.

Basés sur ce modèle, les changements comportementaux peuvent être atteints en ciblant un de ces facteurs : attitudes, normes subjectives, ou perceptions du contrôle comportemental. Les résultats d'une telle intervention devraient produire des changements dans les intentions comportementales. L'approche commune des modèles comportementaux est de déterminer les éléments majeurs qui peuvent affecter le comportement des patients de façon assez importante pour améliorer leur comportement envers leur condition chronique. La théorie du comportement planifié a également été appliquée avec efficacité pour des interventions sur l'activité physique et les habitudes alimentaires (McEachan, Conner, Taylor, & Lawton, 2011; Webb, Joseph, Yardley, & Michie, 2010).

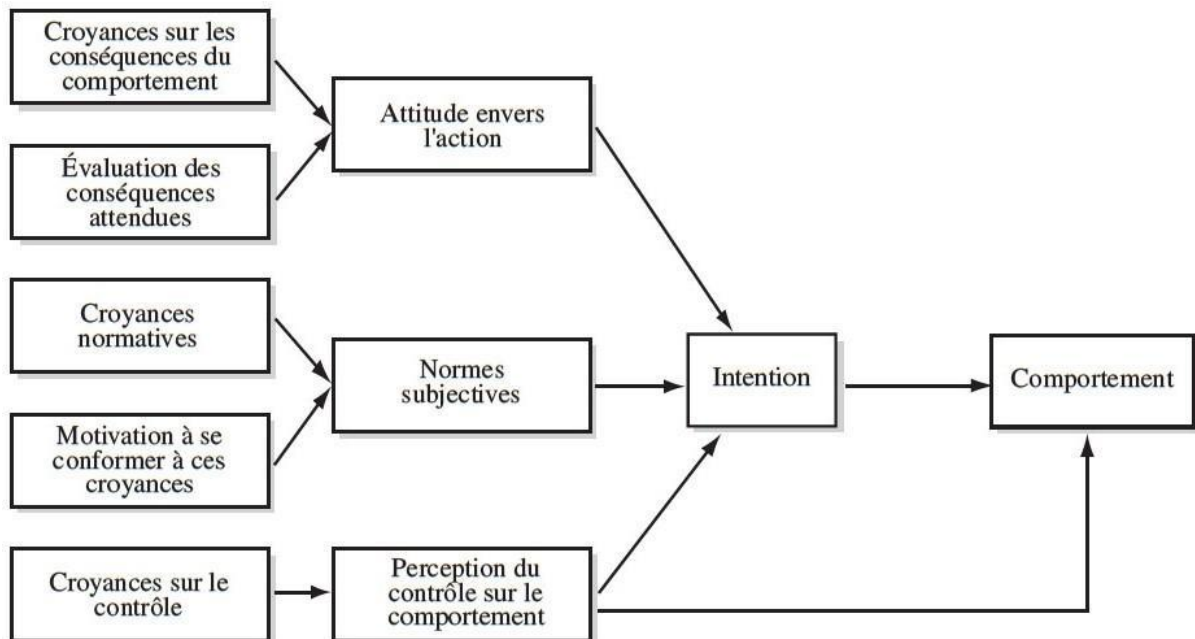


Figure 2.6 : Théorie du comportement planifié (TCP) (Ajzen, 1985, 1991).

#### **1.4.4 Health Belief Model (HBM - Modèle de croyance relatif à la santé) (Hochbaum, Sorenson, & Lorig, 1992)**

Imaginé à la base en 1952, il a été développé initialement pour comprendre les causes de l'échec et du manque de participation du grand public aux programmes de prévention ou de détection des maladies. Le modèle a été étendu ensuite à l'explication des comportements des

individus face au diagnostic médical et en particulier à leur acquiescement et à leurs conduites en matière de régimes médicaux.

Le HBM postule qu'un individu adopte un comportement de prévention ou observe un comportement de soin s'il est conscient de la gravité du problème (*perceived seriousness*), s'il se sent concerné (*perceived susceptibility*), si le comportement à adopter présente pour lui plus d'avantages que d'inconvénients (*benefits vs. barriers*) et s'il croit qu'il est capable de le réaliser (*self-efficacy*). Ces facteurs dépendent des caractéristiques individuelles telles que l'âge, le sexe, l'ethnie, le niveau d'éducation, les connaissances antérieures, etc. mais leur prise en compte est essentielle pour engager le comportement de soin souhaité. Un facteur indépendant sur lesquelles les autorités de soins peuvent également intervenir pour amorcer le comportement est la prise en compte d'un déclencheur (*cues to action*), comme par exemple les symptômes, les cartes de rappel de vaccins, la maladie d'un proche, les publicités de prévention, etc.

Par exemple, une étude menée sous la direction de Larson en 1982 (Larson, Bergman, Heidrich, Alvin, & Schneeweiss, 1982) fut conduite pour trouver des stratégies efficaces dans le cadre d'une incitation volontaire à la vaccination contre la grippe en direction des personnes âgées ou atteintes de maladies chroniques. Les auteurs testèrent quatre stratégies : 1) aucun envoi de carte postale (groupe contrôle) ; 2) l'envoi d'une carte postale neutre donnant des informations (données factuelles) sur les avantages du vaccin contre la grippe ; 3) l'envoi d'une carte postale personnalisée signée par un médecin et annonçant les avantages du vaccin ; et 4) l'envoi d'une carte postale construite selon le modèle HBM et non-personnalisée. Cette carte informait de l'existence de la plus grande probabilité pour les personnes âgées ou atteintes de maladies chroniques de contracter la grippe, de la gravité de la maladie pour ces personnes et de l'efficacité du vaccin ainsi que de la rareté de ses effets secondaires. Les résultats ont alors montré que respectivement, 20%, 25%, 41% et 51% des personnes appartenant aux quatre groupes cités précédemment se sont fait vacciner.

Le HBM offre un cadre général en éducation pour la santé au sens où il est applicable à une large variété de situations et où il permet, par la prise en compte des variables proposées, d'orienter avec plus de précisions les actions en éducation pour la santé. Par exemple, si on découvre que les personnes sont conscientes des risques du cancer, de la gravité de la maladie mais qu'elles croient par ailleurs qu'il n'y a aucun traitement spécifique du cancer ou que ces traitements présentent plus d'inconvénients que d'intérêts, on peut construire des actions spécifiques visant à accroître la perception des avantages de ces traitements.

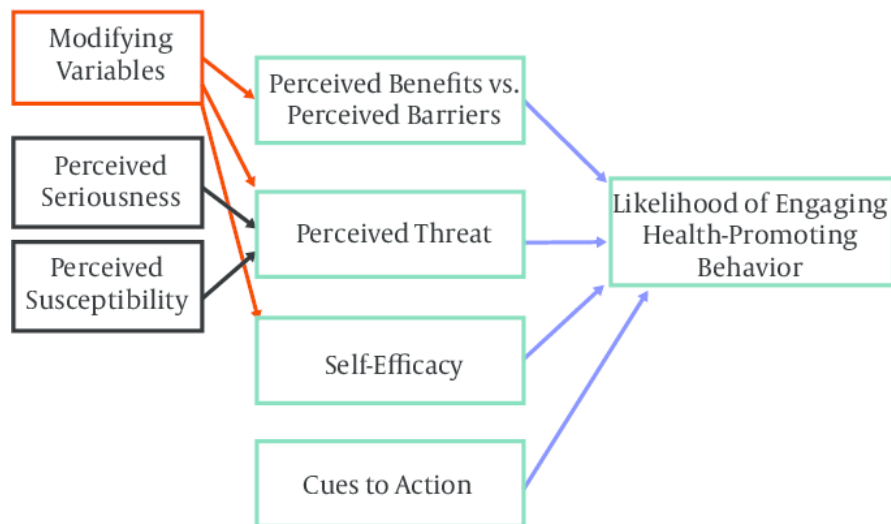


Figure 2.7 : Health Belief Model (HBM) (Hochbaum et al., 1992).

### 1.4.5 Théorie de l'apprentissage social (Bandura & Walters, 1977)

Bandura a développé cette théorie dans les années 1960 qui contredit le behaviorisme, concept dominant de l'époque. En effet selon lui, l'observation suivie de l'imitation est beaucoup moins coûteuse dans le processus d'apprentissage plutôt que de procéder par une longue série d'essais-erreurs comme le défendaient les behavioristes. Par exemple, l'apprentissage peut s'illustrer par l'observation attentive d'une personne compétente dans un domaine, puis par l'aboutissement à reproduire son comportement, pour parvenir au comportement ou au savoir-faire juste. Bien entendu, il convient d'observer une personne dont on se sent proche, avant de prétendre reproduire (ou s'inspirer de) son comportement. En soulignant ce point, Bandura ouvre une porte de plus vers l'apprentissage par les pairs : c'est l'apprentissage vicariant. Il est fondé sur l'observation réfléchie d'un modèle (pair) remplissant certaines conditions favorables aux yeux de l'observateur. Différent du mimétisme, cet apprentissage représente tout un travail d'observation active par lequel, en extrayant les règles sous-jacentes aux styles de comportement observés, les gens construisent par eux-mêmes des modalités comportementales proches de celles manifestées par le modèle et les dépassent en générant de nouvelles compétences et de nouveaux comportements, bien au-delà de ceux qui ont été observés, via les évaluations de ces comportements. Ce processus comporte quatre opérations :

- L'attention : une observation attentive permettra en effet de mieux reproduire ;
- La rétention : il convient ensuite de retenir ce que l'on a observé, en utilisant des images mentales, en répétant (mentalement ou physiquement) des fragments du comportement observé, etc. ;
- La reproduction : il faut non seulement oser reproduire le comportement observé, disposer des capacités pour le faire (par exemple, en cas d'apprentissage physique), mais aussi être capable d'une auto-observation de son comportement, pour savoir quand on se trompe et quand on reproduit correctement ;
- La motivation : l'investissement dans l'apprentissage nouveau dépend bien sûr de ce que l'on en attend : récompenses symboliques ou concrètes, sentiment d'auto-efficacité, capacité à se hisser au niveau du modèle, etc.

Lorsque l'on réussit à reproduire à un niveau satisfaisant le comportement observé, cela génère un sentiment d'auto-efficacité (ou sentiment d'efficacité personnelle – SEP). En effet pour Bandura, le SEP constitue la croyance que possède un individu en sa capacité de produire

ou non une tâche (Lieberman, 1997 ; Bandura, 1982, 1993), et il est au fondement de la motivation, du bien-être et des accomplissements humains. Pour lui, si les gens ne sont pas convaincus qu'ils peuvent obtenir les résultats qu'ils souhaitent grâce leur propre action, ils auront peu de raisons d'agir ou de persévérer face aux difficultés. Donc plus grand est le sentiment d'auto-efficacité, plus élevés sont les objectifs que s'impose la personne et l'engagement dans leur poursuite (Bandura, 1982, 1993). En effet :

- Pour un SEP élevé :
  - Si les attentes de résultats sont élevées : cela favorisera les aspirations, l'engagement productif dans des activités et un sentiment de réussite personnelle.
  - Si les attentes sont faibles par contre, cela entrainera des revendications, reproches voire militantisme et changement de milieu.
- Pour un SEP faible :
  - Si les attentes sont élevées, l'individu se découragera et s'auto-dévalorisera, car il ne se sentira pas capable d'effectuer les actions demandées. Ces personnes éviteront des tâches difficiles qu'elles perçoivent comme menaçantes.
  - Si les attentes sont faibles : l'individu sera résigné et apathique.

Le sentiment d'efficacité ne consiste pas seulement à savoir ce qu'il faut faire et d'être motivé. Il s'agit plutôt d'une capacité productrice au sein de laquelle les sous-compétences cognitives, sociales, émotionnelles et comportementales doivent être organisées et orchestrées efficacement pour servir de nombreux buts. L'apprentissage social fait donc interagir de manière continue et réciproque (« *reciprocal determinism* ») des facteurs cognitifs, comportementaux et sociaux (Figure 2.8) (Bandura, 1986). De la sorte, les individus influent sur leur environnement en même temps qu'ils sont influencés par lui.

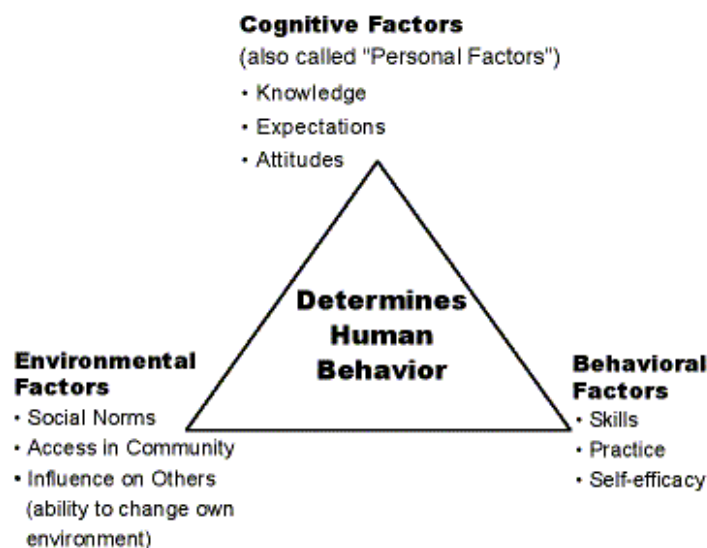


Figure 2.8 : Théorie de l'apprentissage social (Bandura, 1986, 1993; Bandura & Walters, 1977).

Dans le domaine de la santé, cette théorie de l'apprentissage social s'illustre par le fait que les changements dans la connaissance et le SEP contribuent à l'adhésion au traitement. En effet, les enfants atteints de pathologie chronique ont généralement une mauvaise estime de soi (différents et stigmatisés) et donc un faible SEP (Lieberman, 1997). Ils ont des niveaux faibles d'aspiration et une faible implication par rapport aux buts qu'ils ont choisis. Confrontés à des difficultés, ils butent sur leurs déficiences personnelles, sur les obstacles et sur les conséquences négatives de leurs actes plutôt que de se concentrer sur la façon d'obtenir une performance satisfaisante. Ils diminuent leurs efforts et abandonnent rapidement face aux difficultés. Ils

considèrent une performance insuffisante comme la marque d'une déficience d'aptitude et le moindre échec entame leur foi en leurs capacités. Ces caractéristiques minimisent les opportunités d'accomplissement et exposent l'individu au stress et à la dépression. Au contraire, les personnes qui ont un fort sentiment d'efficacité sur le comportement à effectuer en santé ont plus de chances d'avoir une bonne hygiène de vie, à rechercher et suivre les conseils médicaux quand ils sont malades, à éviter des crises de rechute, à savoir quoi faire si cela arrive. Ils sont plus sensibles également pour établir des liens sociaux plus étroits pour combattre la maladie (Lieberman, 1992).

#### **1.4.6 Théorie sociale cognitive (Bandura, 1986)**

Dans cette théorie, Bandura (Bandura, 1986) précise qu'il ne suffit pas de considérer le comportement comme étant fonction des effets réciproques des facteurs personnels et environnementaux les uns sur les autres, mais que l'interaction doit être comprise comme un déterminisme réciproque des facteurs personnels, environnementaux et des comportements. Cela s'illustre par le schéma suivant :

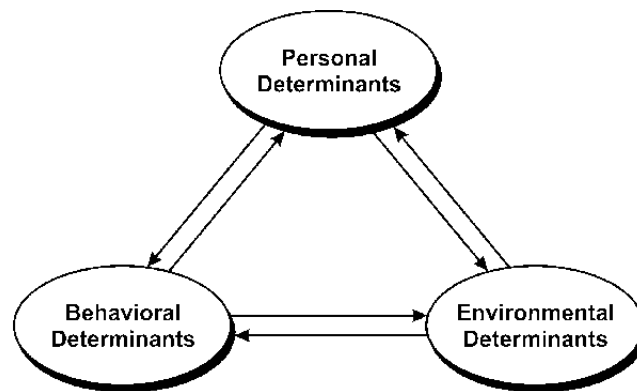


Figure 2.9 : Théorie sociale cognitive (Bandura, 1986).

Ainsi, dans cette conception, l'influence de l'environnement sur les comportements reste essentielle. Cependant, à l'inverse de ce qu'on trouve dans les théories behavioristes de l'apprentissage (conditionnements classique et opérant), une place importante est faite aux facteurs cognitifs inclus dans les déterminants personnels, ceux-ci pouvant influencer à la fois sur le comportement et sur la perception de l'environnement. Cette perception est en effet plus déterminante que les conditions réelles dans lesquelles se trouve l'individu. Pour Bandura, les humains ne répondent pas seulement à des stimuli, ils les interprètent. Par exemple, l'effet de la situation sur le comportement (renforcement) ne devient vraiment significatif que lorsque le sujet prend conscience de ce renforcement. Mais ce modèle de causalité triadique et réciproque implique que les trois facteurs n'interviennent pas avec la même force dans une situation donnée, et qu'ils ne sont pas concernés en même temps. La bidirectionnalité de l'influence signifie aussi que les personnes sont à la fois produit et productrices de leur environnement. Ainsi, les croyances d'un individu à l'égard de ses capacités à accomplir avec succès une tâche ou un ensemble de tâches sont à compter parmi les principaux mécanismes régulateurs des comportements, par le biais notamment du concept du SEP détaillé dans la précédente théorie.

L'ensemble des modèles cognitifs que nous venons de détailler offre une voie afin d'expliquer et de provoquer un changement de comportement (incluant un changement de comportement en santé tel que l'adhésion thérapeutique d'un patient atteint d'une maladie chronique) mais s'applique également dans le cadre de l'apprentissage et de l'éducation. Ces

approches doivent ainsi être prises en considération afin d'anticiper le moment où l'individu n'adoptera pas le comportement souhaité, ou la tâche à réaliser. Face à la croissance des technologies numériques qui sont mises en place dans le but d'optimiser l'apprentissage, la section suivante détaille les différents types de technologies existantes en mettant notamment en exergue les facteurs cognitifs jouant un rôle dans ce type d'éducation.

## 2 Systèmes numériques d'éducation

Les systèmes numériques d'éducation sont nombreux et visent en général à assister les professeurs pour optimiser l'intégration des connaissances en terme de motivation et de rétention. Ces dispositifs sont en pleine expansion comme en témoigne la prolifération des Massive Open Online Courses (MOOCs) (Beuls & Loeckx, 2015), qui consistent à former à distance un grand nombre de participants inscrits en ligne. Néanmoins, les MOOCs sont encore aujourd'hui plus près d'outils délivrant du contenu transmedia (remplaçant les lectures traditionnelles) que de réels assistants d'éducation : les apprenants suivent les mêmes cours de façon linéaire, expliquant certainement les 90% d'abandons relevés avec ce type d'outil.

Les systèmes numériques d'éducation ont en commun de reposer sur les modèles cognitifs de l'apprentissage en lien avec la conception pédagogique, comme nous l'avons vu précédemment pour les programmes d'ETP. Il serait difficile de faire une liste exhaustive des modèles associés à ces systèmes d'éducation car ils se déclinent souvent selon le type de technologie (plateforme en ligne d'e-learning, serious games, applications mobiles, etc.), le domaine d'application (type de connaissances académiques ou non), l'âge de l'apprenant ou encore le type de formation (initiale ou continue) adressée (Crozat, 2003; de Vries, 2006; Delomier, 2013; Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan, & Willingham, 2013; Roediger, 2013). Souhaitant mettre le focus sur les mécanismes motivationnels de l'apprentissage, la théorie de l'autodétermination et la motivation intrinsèque sont présentées comme pilier théorique des systèmes numériques d'éducation.

### 2.1 Motivation intrinsèque et technologies éducatives

La motivation intrinsèque est liée aux mécanismes psycho-motivationnels dont la formalisation la plus moderne et consensuelle se trouve dans la théorie de l'autodétermination (Ryan & Deci, 2000b). Cette théorie est au cœur des serious games comme levier d'adhésion de l'apprenant au dispositif éducatif.

#### 2.1.1 Théorie de l'autodétermination

Pour réaliser une activité ou exprimer un comportement, les individus sont constamment guidés par la motivation. Ils peuvent agir par le biais de facteurs externes, comme des systèmes de récompense, promotions, évaluations, voire même la crainte du regard des autres. Ils peuvent également être motivés juste pour la tâche en elle-même : intérêt porté, curiosité, etc. qui soutiennent le degré de passion sur le comportement effectué, les efforts éprouvés et la créativité. En d'autres termes, on appelle la motivation intrinsèque la satisfaction inhérente à s'engager dans une tâche pour son propre bénéfice, alors que la motivation extrinsèque permet à l'individu de s'engager dans une tâche comme moyen d'une fin tangible (Kaloti-Hallak, Armoni, & Ben-Ari, 2015 ; Touré- Tillery & Fishbach, 2014).

La théorie de l'autodétermination (Self-Determination Theory, SDT) a été proposée par Deci & Ryan (Deci & Ryan, 1985b; Ryan & Deci, 2000b) afin de décrire les rôles respectifs des différents types de motivation intrinsèque et de motivation extrinsèque dans le développement social et cognitif de chaque individu, classés selon différents degrés d'autodétermination. Plus précisément, la SDT se concentre sur les facteurs sociaux et culturels

qui facilitent ou qui affaiblissent la prise de décision des individus pour réaliser des activités et qui n'induisent pas de récompenses en tant que telles (l'intérêt spontané, la curiosité) dans un objectif de bien-être et de performance optimisée. Ainsi, selon les auteurs, l'autodétermination peut être définie comme étant « *la capacité à choisir et à pouvoir faire des choix, plutôt qu'être régi par d'autres forces de pressions, et d'être le déterminant de nos actions. Mais l'autodétermination est plus qu'une capacité, c'est aussi un besoin* ». Dans ce contexte, les individus seraient intrinsèquement motivés, et agiraient de manière autodéterminée, en satisfaisant trois besoins fondamentaux :

- Le besoin d'autonomie : être à l'origine de son propre comportement, c'est-à-dire le sentiment de pouvoir agir de manière autonome, sans pression extérieure ;
- Le besoin de compétence : sensation éprouvée lorsque l'individu interagit efficacement avec son environnement et lorsqu'il a l'occasion d'utiliser ses capacités (sentiment d'acquérir de nouvelles compétences et de nouveaux savoir-faire) ;
- Le besoin d'attachement/appartenance sociale : sentiment d'appartenance aux individus et aux communautés. Cela concerne le sentiment d'appartenir à un cercle social, de ressentir l'intérêt des autres.<sup>[15]</sup> Par exemple, cela peut concerner des étudiants présentant une envie spontanée d'apprendre et de résoudre des problèmes, des musiciens qui pratiquent leur instrument sans récompense à court-terme, ou encore des jeunes enfants qui sont spontanément curieux du monde extérieur.

Aussi, la satisfaction de ces besoins contribue à un fonctionnement optimal et à une meilleure santé mentale. Plus une personne se percevra comme autodéterminée (plutôt que contrôlée de l'extérieur), plus sa santé et sa qualité de vie augmenteront. De façon similaire, plus l'environnement d'un individu favorisera son autodétermination, plus cette dimension augmentera, ce qui améliorera son bien-être et sa santé (O'Connor & Vallerand, 1994).

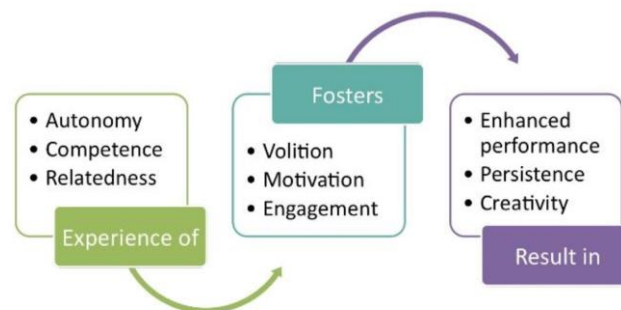


Figure 2.10 : Théorie de l'autodétermination (Ryan & Deci, 2000b).

## 2.1.2 Les différentes formes de motivation

Les diverses formes de motivation sont supposées différer dans leurs niveaux inhérents d'autodétermination. Répertoriés du niveau le plus élevé à celui le plus bas, nous allons vous présenter les types de motivation, à savoir la Motivation Intrinsèque (MI), la Motivation Extrinsèque (ME) à l'Amotivation.

*Motivation Intrinsèque (MI).* Il s'agit de « *la tendance inhérente à rechercher la nouveauté et les défis, à étendre et à exercer ses capacités, à explorer et à apprendre* » (Ryan & Deci, 2000b). Ce phénomène, qui décrit notre penchant naturel à l'exploration, l'intérêt spontané, l'assimilation et la maîtrise de compétences, est celui qui reflète le plus le potentiel positif de la nature humaine, qui est exprimé selon les développementalistes dès la naissance, où les enfants sont actifs, curieux et joueurs, même en l'absence de récompenses spécifiques.



De façon générale, la MI est associée à la réalisation d'une activité pour le plaisir et la satisfaction que l'on en retire durant son accomplissement. Une personne intrinsèquement motivée effectuera des activités volontairement, par intérêt pour l'activité (Vallerand, Blais, Brière, & Pelletier, 1989). Ce concept est majoritairement étudié dans le domaine de l'apprentissage en éducation, car les différentes études associées ont montré que la MI est associée à un plus grand intérêt (Harackiewicz, 1979; Ryan, Mims, & Koestner, 1983), à plus de créativité (Amabile, 1985; Koestner, Ryan, Bernieri, & Holt, 1984), à une plus grande flexibilité cognitive (McGraw & McCullers, 1979), à un meilleur apprentissage conceptuel (Benware & Deci, 1984; Grolnick & Ryan, 1987), à des émotions positives (Garbarino, 1975) et à une performance académique élevée (Harter & Connell, 1984).

Afin d'analyser plus en détail les effets de la MI sur l'apprentissage et inversement, de mieux prédire les conséquences éducationnelles sur la MI, Vallerand et Blais (Vallerand & Blais, 1987) ont réalisé une analyse sur la littérature associée à la MI et ont en ressorti la présence de trois types de MI ayant été étudiés de façon isolée :

- *MI liée à la connaissance.* Une personne est motivée par la MI à la connaissance lorsqu'elle fait une activité pour le plaisir et la satisfaction qu'elle ressent lorsqu'elle est en train d'apprendre quelque chose de nouveau ou d'explorer de nouvelles questions (par exemple, lire un livre pour le simple plaisir éprouvé lorsqu'une information nouvelle est apprise). Ce type de MI peut être associé de façon épistémique au désir de connaître et de savoir (Kagan, 1972), mais il est principalement étudié dans le domaine de l'éducation, notamment en liant cette motivation avec l'exploration (Berlyne, 1971), la curiosité (Condry, 1987; Day, 1971; Harter, 1981; Maw, 1971) et les buts intrinsèques à apprendre (Dweck, 1985). Ainsi, ce type de MI sera généré sur des tâches d'apprentissage impliquant la curiosité, l'exploration et la découverte.
- *MI liée à l'accomplissement.* Une personne est motivée par la MI à l'accomplissement lorsqu'elle fait une activité pour le plaisir et la satisfaction qu'elle ressent lorsqu'elle est en train d'accomplir, de créer quelque chose ou encore d'essayer de relever un défi (par exemple, réaliser un travail pour le sentiment de satisfaction ressenti lorsque la personne a le sentiment qu'elle se surpasse dans ce travail). Principalement étudiée en psychologie du développement, elle est utilisée dans les recherches en milieu scolaire (Harter, 1981), notamment dans la maîtrise de la tâche (Harter, 1981; Kagan, 1972) et lorsque la personne recherche des expériences de compétence durant une épreuve « task-orientation » (Maehr & Nicholls, 1980; Nicholls, 1984). Ainsi, les tâches qui permettront de vérifier si un individu a une MI liée à l'accomplissement impliqueront la fixation d'objectifs, l'atteinte de défis et de performance.
- *MI liée aux sensations.* Une personne est motivée par la MI aux sensations lorsqu'elle fait une activité dans le but de ressentir des sensations spéciales (amusement, excitation, plaisir sensoriel, esthétisme ou autre) que lui procure son implication au sein de l'activité (par exemple, aller en cours pour échanger avec les camarades, ou lire un livre pour l'excitation procurée de lire des passages passionnants). Très peu documenté dans la littérature, ce type de MI est pourtant très important lorsqu'un individu réalise une tâche, non pas pour exceller ni pour apprendre quelque chose, mais pour le simple plaisir de « faire un » avec elle (Csikszentmihalyi, 1978) et pour les sensations spéciales ressenties durant la pratique de l'activité telles que l'excitation (Reeve, Cole, & Olson, 1986). Ce type de MI sera exprimé en milieu scolaire lorsque l'individu aura un comportement tel que parler de différents sujets avec le professeur, d'écouter un professeur captivant ou encore de participer à une discussion de groupe.

*Motivation extrinsèque (ME)*. Elle regroupe un ensemble de comportements effectués pour des raisons extérieures à la tâche réalisée. Une personne motivée extrinsèquement réalisera une tâche pour en retirer quelque chose de plaisant ou d'éviter quelque chose de déplaisant une fois ladite tâche terminée (Deci, 1975; Kruglanski, 1978). Initialement, la ME concernait les comportements exécutés en l'absence d'autodétermination, c'est-à-dire des comportements qui n'étaient manifestés qu'en présence de sources de contrôle externe. Deci, Ryan et leurs collaborateurs ont proposé l'existence de différents types de ME, qui sont classés selon une graduation d'autodétermination (Connell & Ryan, 1986; Deci & Ryan, 1985a, 1987; Ryan, Connell, & Deci, 1985).

- *Régulation externe*. Associée à la première définition de la ME, le comportement est régularisé ici par des sources de contrôle extérieures à la personne, telles des récompenses matérielles (argent) ou des contraintes imposées par une autre personne (l'étudiant forcé d'étudier parce que les parents l'y obligent).
- *Régulation introjectée*. Ici, l'individu commence à intérioriser les sources de contrôle externes pour un comportement donné. Cette régulation ne représente pas de processus autodéterminés pour autant, ces sources de contrôles sont limitées à l'intériorisation de contraintes qui étaient initialement extérieures à la personne (par exemple, étudier non plus parce que les parents l'y obligent mais parce qu'il se sentirait coupable s'il ne le faisait pas).
- *Régulation identifiée*. A mesure que le comportement devient valorisé et perçu comme étant *choisi* par celui-ci, le processus d'intériorisation des motifs externes devient régularisé par identification. L'activité, même si elle est réalisée pour des fins instrumentales, est alors effectuée de façon autodéterminée (par exemple, lire un livre parce que c'est le moyen que l'individu a *choisi* pour se préparer à l'examen qu'il veut réussir).
- *Régulation intégrée*. L'individu se sent autodéterminé dans la régulation du comportement en question. A ce point-ci, l'individu atteint le niveau le plus élevé d'autodétermination dans la poursuite de comportements extrinsèquement motivés (par exemple, étudier parce que cela va permettre de réussir l'examen et ainsi permettre d'accéder à la carrière souhaitée *in fine*).

Ces types de motivation ont été analysés dans un contexte essentiellement scolaire (Connell & Ryan, 1986; Daoust, Vallerand, & Blais, 1988), notamment en regardant leur impact sur des variables telles que l'ajustement psychologique en classe, l'effort et les émotions positives (Connell & Ryan, 1986), l'apprentissage conceptuel (Grolnick & Ryan, 1987) ainsi que les perceptions de compétence et la persévérance dans les études (Daoust et al., 1988).

*Amotivation*. Afin de pleinement comprendre la nature des comportements humains, Deci et Ryan (1985) ont proposé un troisième type de motivation, qui consiste en l'absence de motivation (ni intrinsèque, ni extrinsèque). Un individu est « amotivé » lorsqu'il ne perçoit pas de relations entre ses actions et les résultats obtenus. Il a alors la perception que ses comportements sont causés par des facteurs hors de son contrôle. Associée à une forme de résignation (Abramson, Seligman, & Teasdale, 1978), il se demande pourquoi il effectue l'activité en question et peut alors abandonner en cours. L'amotivation possède un faible niveau d'autodétermination mais permet surtout de prédire le décrochage scolaire en éducation (Daoust et al., 1988).

### 2.1.3 Autodétermination et Motivation Intrinsèque

La théorie de l'autodétermination est une approche associée à la motivation humaine et à la personnalité qui a la volonté de mettre l'accent sur les ressources inhérentes des individus à évoluer dans le cadre du développement de la personnalité et de l'autorégulation comportementale (Ryan, Kuhl, & Deci, 1997). Cette théorie se base ainsi sur les tendances inhérentes à la croissance et les besoins psychologiques innés qui impactent l'auto-motivation et l'intégration de la personnalité, autant que les conditions qui favorisent ces processus positifs (autonomie, compétence, appartenance sociale). Non incluse initialement dans cette théorie, Deci et Ryan ont montré que la Motivation Extrinsèque était composée de facteurs plus ou moins autodéterminés même si c'est pour une fin instrumentale. Le schéma ci-dessous reprend les différents types de motivation, classés selon un continuum comportemental autodéterminé.

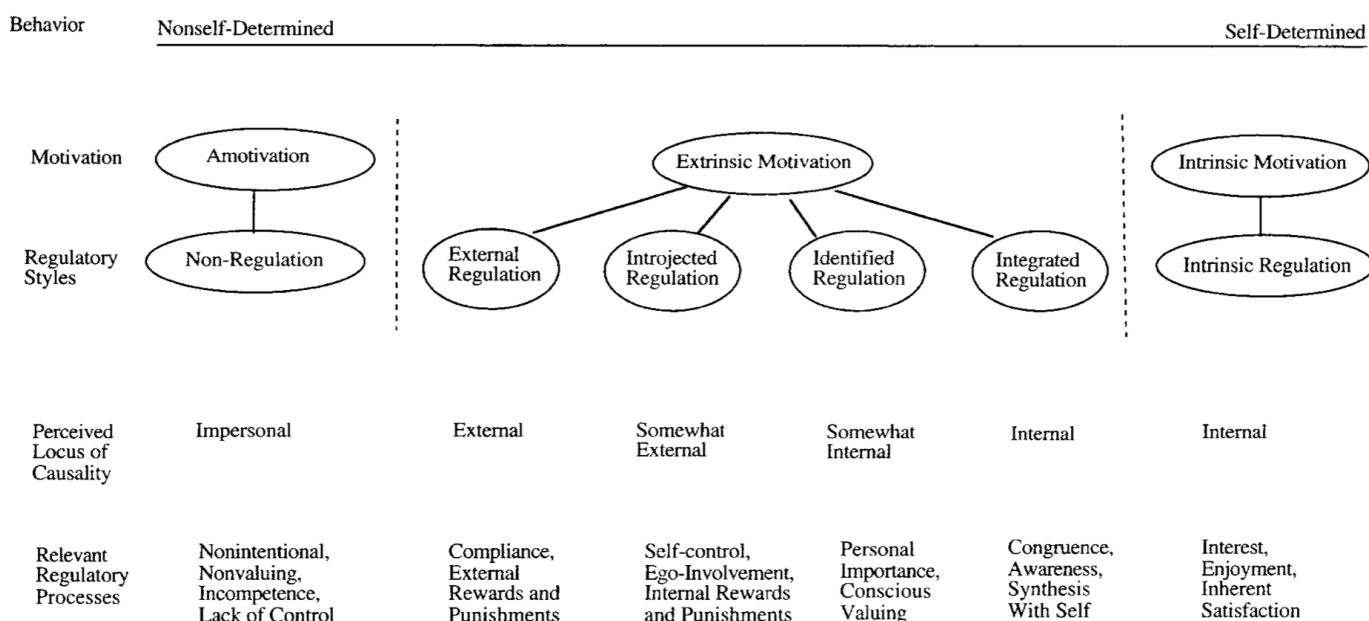


Figure 2.11 : Continuum d'autodétermination montrant les types de motivation avec leur style de régulation comportemental, locus de contrôle (degré d'autonomie perçu dans les actions) et processus associés (Ryan & Deci, 2000b).

Cette théorie, appliquée au domaine des sciences de l'éducation et des technologies, a largement démontré sa pertinence (Vallerand, 1997), et reste à ce jour le seul modèle cognitif à être largement utilisé pour optimiser l'apprentissage en éducation. En effet, avec l'essor du numérique depuis le début des années 2000, les systèmes numériques d'éducation associent de plus en plus des mécaniques intrinsèques de gamification (en lien avec les mécaniques de jeux traditionnels, exposées en 3.3), pour un apprentissage autodéterminé plus ancré sur du long terme (Whyte, Smyth, & Scherf, 2015). De plus, la théorie de l'autodétermination soutient que les indicateurs de motivation intrinsèque liés au sentiment d'autonomie, de compétence, et d'appartenance sociale prédit l'acceptabilité et les usages des technologies (voir Modèle UTAUT – 2 en 3.1.2.2) (Venkatesh, Thong, & Xu, 2012).

D'un point de vue computationnel, de nombreux chercheurs ont voulu modéliser ces comportements autodéterminés dans un contexte éducatif d'apprentissage. Pour cela, ils ont étudié les différents cadres d'étude associés à la motivation intrinsèque dirigée par la curiosité.

### 2.1.4 Curiosité et progrès d'apprentissage

En psychologie, la curiosité est apparentée au cadre conceptuel de la MI (Berlyne, 1960; Ryan & Deci, 2000a). Bien qu'il n'y ait pas encore de consensus scientifique sur la façon de définir la curiosité (Gottlieb, Oudeyer, Lopes, & Baranes, 2013; Kidd & Hayden, 2015; Oudeyer & Kaplan, 2007), les états associés à de la curiosité correspondent à un intérêt psychologique pour des activités ou des stimuli qui sont surprenants, nouveaux, de complexité moyenne ou caractérisés par un manque de connaissances ou par des erreurs de prédiction, caractéristiques qui peuvent elles-mêmes être quantifiées mathématiquement (Barto, Mirolli, & Baldassarre, 2013; Oudeyer & Kaplan, 2007; Schmidhuber, 1991).

La nouveauté, la surprise, la complexité moyenne et d'autres caractéristiques apparentées qui caractérisent les propriétés informationnelles des stimuli de curiosité se sont non seulement révélées comme améliorant la rétention mnésique, mais ont également été considérées comme intrinsèquement gratifiantes, motivant les organismes (adultes, enfants, animaux) à les rechercher activement (Oudeyer, Gottlieb, & Lopes, 2016).

Les théories computationnelles d'apprentissage ont cherché à formaliser son application, en développant un concept opérant capable de générer un mécanisme réel de curiosité. Parmi elles, un mécanisme alternatif a été retenu, dans lequel le *progrès d'apprentissage* génère une récompense intrinsèque (Oudeyer, Kaplan, & Hafner, 2007; Schmidhuber, 1991), où il a été supposé que ce mécanisme interviendrait chez les humains comme chez les animaux (Kaplan & Oudeyer, 2007a, 2007b; Oudeyer & Smith, 2016).

Cette hypothèse suggère que le cerveau, vu comme une machine prédictive essayant constamment d'anticiper ce qui va se passer ensuite, est intrinsèquement motivé à poursuivre des activités dans lesquelles les prédictions *s'améliorent*, c'est-à-dire où l'incertitude diminue et où l'apprentissage s'effectue réellement. Cela signifie que l'individu perd de l'intérêt pour des activités trop faciles ou trop difficiles à prévoir (c'est-à-dire lorsqu'il y a une faible incertitude ou lorsque l'incertitude est élevée mais non réductible) et se concentre spécifiquement sur des activités « apprenables » qui dépassent juste ses capacités prédictives actuelles. Par exemple, un bébé sera plus intéressé à explorer comment ses commandes motrices de bras peuvent lui permettre de prédire le mouvement de sa main dans le champ visuel (initialement difficile mais « apprenable ») plutôt que de prédire le mouvement des murs (trop facile) ou la couleur de la prochaine voiture passant par la fenêtre (trait de nouveauté mais non « apprenable »). Les conséquences comportementales dirigées par cette théorie sont l'exploration ciblée des activités et les stimuli de « complexité moyenne ».

Dans le modèle présenté ci-dessous, l'hypothèse du progrès d'apprentissage propose un lien de causalité entre l'apprentissage et la curiosité. Les travaux antérieurs en neuroscience et en psychologie ont considéré initialement une relation causale unidirectionnelle entre l'état de curiosité et l'apprentissage : le cerveau serait motivé pour rechercher la nouveauté ou la complexité (moyenne), et quand il la trouve, il se trouverait dans un état de curiosité qui favoriserait l'apprentissage et la rétention mnésique (Figure 2.12 - A). Selon ce point de vue (Kang et al., 2009; Stahl & Feigenson, 2015), l'apprentissage en soi n'a pas de conséquences sur l'état de curiosité et la motivation. Au contraire, l'hypothèse du progrès d'apprentissage (*learning progress hypothesis*) suggère que l'expérience d'apprentissage dans une activité donnée (plutôt qu'une simple nouveauté moyenne) déclenche une récompense intrinsèque, et donc que l'apprentissage en lui-même influence l'état de curiosité et la motivation intrinsèque (Figure 2.12 - B). Ainsi, cette hypothèse fait valoir qu'il existe une boucle de rétroaction fermée auto-renforçante entre l'apprentissage et la motivation intrinsèque guidée par la curiosité. Ici, l'apprenant devient fondamentalement actif et autodéterminé, cherchant des niches de progrès

de l'apprentissage, dans lesquelles en retour la rétention mnésique est facilitée. En d'autres termes, la théorie du progrès d'apprentissage suggère que le progrès d'apprentissage lui-même, mesuré comme l'amélioration des erreurs de prédiction, peut être intrinsèquement enrichissant : il introduit ainsi une boucle de rétroaction positive entre l'état de curiosité et l'apprentissage.

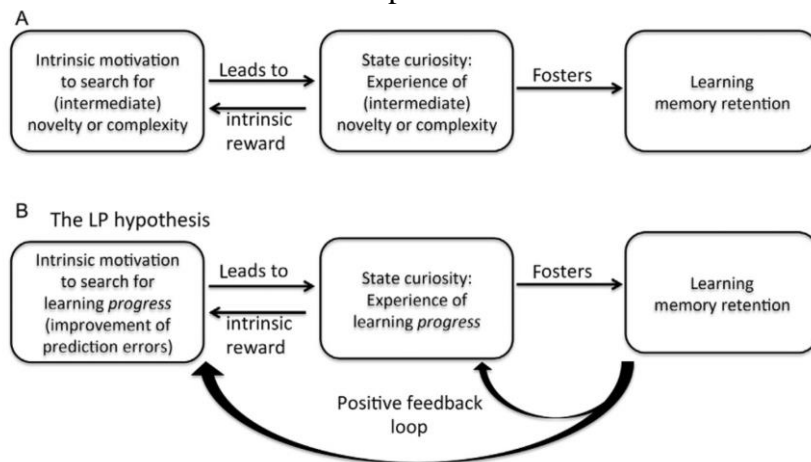


Figure 2.12 : Théorie du progrès d'apprentissage (*learning progress hypothesis*) comparé à l'hypothèse précédente de la relation causale unidirectionnelle curiosité → apprentissage (Oudeyer et al., 2016).

Dans les expériences computationnelles, cette boucle de rétroaction a des conséquences importantes sur l'organisation des expériences d'apprentissage sur le long-terme. En effet, tandis que les apprenants vont chercher activement des situations et des activités afin de maximiser leur progrès d'apprentissage, ils vont se concentrer dans un premier temps sur des activités simplement « apprenables », avant de passer sur des plus complexes (Figure 2.13). Dans l'exemple ci-dessous, si l'on imagine quatre activités aux taux d'apprentissage différents (A), l'exploration par progrès d'apprentissage permet d'éviter les activités trop faciles (4) ou trop difficiles (1) car elles ne permettent pas de progresser, puis se concentrent sur une activité qui permet initialement un apprentissage maximal (3) (voir encadré B), avant d'atteindre un seuil maximum d'apprentissage dans cette activité (l'activité est devenue trop facile) et de passer à une autre activité (2) qui, à ce stade du parcours d'apprentissage, offre un progrès maximal (potentiellement grâce aux compétences acquises en activité (3)). Par conséquent, un agencement des phases d'exploration se forme spontanément, générant une trajectoire de développement structurée.

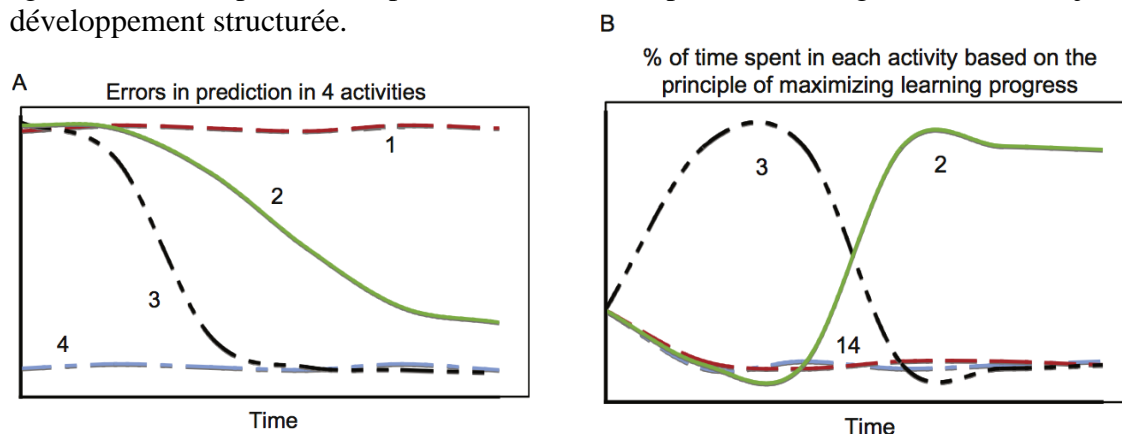


Figure 2.13 : Exemple d'exploration spontanée selon la théorie du progrès d'apprentissage (Oudeyer et al., 2016). Dans l'encadré A, les quatre activités ont chacune différentes erreurs de prédiction (trop élevées dans la (1), trop faibles dans la (4)). Dans l'encadré B, l'exploration par progrès d'apprentissage se concentre ainsi sur l'activité qui va maximiser son progrès d'apprentissage (3), pour ensuite enchaîner sur une autre activité ayant les mêmes caractéristiques (2) lorsque l'apprenant a acquis toutes les compétences pour maîtriser l'activité précédente (seuil d'apprentissage atteint).

L'hypothèse du progrès d'apprentissage suggère ainsi que l'exploration spontanée active favorisera l'exploration des activités qui permettent une amélioration maximale des erreurs de prédiction. Les activités ainsi sélectionnées forment leurs connaissances et compétences actuelles, qui, à leur tour, modifieront les potentiels progrès dans d'autres activités et façonneront ainsi leurs futures trajectoires d'exploration. Par conséquent, non seulement l'hypothèse du progrès d'apprentissage introduit un lien de causalité entre l'apprentissage et la curiosité, mais en plus elle évoque aussi l'idée que la curiosité peut être un mécanisme clé en formant une organisation développementale.

Compte tenu des fortes interactions causales entre l'exploration par la curiosité et l'apprentissage que nous venons d'examiner, ces sujets ont attiré l'attention des théoriciens et des expérimentateurs sur le domaine de l'éducation.

Face à l'essor des technologies éducatives, notamment avec les Massive Open Online Courses (MOOC) et les applications éducatives sur tablettes et smartphones, il était logique de se demander comment les caractéristiques fondamentales associées à la curiosité, à la motivation intrinsèque et à l'apprentissage pouvaient être incorporées dans ces outils éducatifs pour augmenter leur efficacité.

Si un premier axe d'investigation s'est penché sur la conception pédagogique associée aux serious games, notamment sur les critères de gamification, détaillés en section 3, le second axe a examiné comment des modèles formels et computationnels de curiosité et de motivation intrinsèque pouvaient être appliqués aux Systèmes Tutoriels Intelligents (STI) (Clement, Roy, Oudeyer, & Lopes, 2015; Nkambou, Mizoguchi, & Bourdeau, 2010).

### 2.1.5 Systèmes Tutoriels Intelligents (STI)

#### 2.1.5.1 Généralités et domaines d'application

Pour renforcer les systèmes numériques d'éducation, les Systèmes Tutoriels Intelligents (STI) ont été mis en place pour rendre l'éducation plus accessible, efficace et simultanément pour fournir des objectifs métriques utiles dans l'éducation (Anderson, Corbett, Koedinger, & Pelletier, 1995; Koedinger, Anderson, Hadley, & Mark, 1997; Nkambou, Mizoguchi, & Bourdeau, 2010). En effet, ces systèmes se focalisent depuis des décennies sur la possibilité de créer de façon automatique des évaluations basées sur les domaines de connaissance (appelés également *Knowledge Component* – KC) et les modèles étudiants. Un modèle étudiant peut être défini par un ensemble de croyances qu'un enseignant a de ses élèves. Ces croyances incluent les connaissances et les compétences des étudiants dans le domaine cible, sa préférence d'apprentissage et d'autres attributs.

Actuellement, les recherches sur l'amélioration de l'apprentissage des élèves sont au cœur des systèmes éducatifs (Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan, & Willingham, 2013; Roediger, 2013). Grâce à leurs avancées, les technologies en apprentissage et en éducation sont capables désormais de rendre l'éducation plus accessible et personnalisée, grâce notamment à l'élaboration de STI. En effet, le principal objectif des STI est de fournir un feedback adapté au besoin unique de l'apprenant.

Ainsi, de nombreuses activités liées à l'éducation et à l'apprentissage ont intégré cette technologie, notamment concernant l'apprentissage des mathématiques : aide adaptée en géométrie (Roll, Alevan, McLaren, & Koedinger, 2011), classification visuelle de résolution de problèmes (Crowley & Medvedeva, 2006), dialogue augmenté avec un agent conversationnel animé en trois dimensions (3-D), stimulation interactive pour apprendre la physique (R. S. Baker, D'Mello, Rodrigo, & Graesser, 2010; Graesser, Chipman, Haynes, & Olney, 2005; Graesser, VanLehn, Rosé, Jordan, & Harter, 2001) et pour des sujets relatifs à la

dynamique de véhicules (Huertas & Juárez-Ramírez, 2013). L'initiation à la programmation informatique a également été un thème où les STI ont été intégrés (Brusilovsky, Schwarz, & Weber, 1996; Vaessen, Prins, & Jeurig, 2014 ; Latham, Crockett, McLean, & Edmonds, 2012). Enfin, les STI ont également été employés pour apprendre des langues (Găbureanu & Istrate, 2013; Mahmoud & Abo El-Hamayed, 2016), mais aussi pour des sujets sur la biologie en utilisant un eye-tracker afin de déterminer des modèles de balayage visuel et d'identifier le moment où l'étudiant s'ennuie, n'est pas intéressé ou a totalement décroché de l'activité d'apprentissage (D'Mello, Olney, Williams, & Hays, 2012). Récemment, les STI ont été appliqués dans le contexte de la santé. On en trouve désormais dans le cadre de formation des étudiants en médecine à la Prise en Charge Intégrée des Maladies de l'Enfant (PCIME) (Muñoz, Ortiz, González, López, & Blobel, 2010), et au diagnostic de blessure à la tête (Suebnuakarn & Haddawy, 2004). Du côté des patients, un STI a été conçu pour la compréhension des sujets essentiels à savoir concernant les décisions du dépistage du gène BRCA (BREast Cancer – gènes du cancer du sein) (Wolfe et al., 2015).

### 2.1.5.2 Approches

Un STI a pour but principal de fournir un feedback adapté au besoin unique de l'apprenant. Pour cela, il doit être capable d'identifier le niveau actuel des élèves et de résoudre les difficultés particulières qui peuvent être rencontrées durant leur processus d'apprentissage. L'objectif est de pouvoir choisir en ligne l'activité qui répond le mieux aux difficultés rencontrées par chaque étudiant. En effet, deux élèves ayant les mêmes connaissances auront besoin de différentes activités pour progresser de façon optimale en fonction de leur expérience antérieure, de leurs compétences cognitives ou même de leurs préférences. Il s'agit d'un point difficile à traiter car lorsque les étudiants utilisent le STI pour la première fois, il est compliqué de connaître l'impact que chaque activité peut avoir sur leur progression.

Il existe plusieurs approches pour choisir automatiquement les exercices en fonction du niveau de connaissances initial des étudiants. Nous nous sommes particulièrement intéressés aux méthodes d'optimisation qui reposent sur des hypothèses préalables minimales concernant les étudiants ou le domaine des connaissances :

- Une piste déjà explorée est l'utilisation d'un processus de décision de Markov partiellement observable (*Partial-Observable Markov Decision Process* - POMDP) (Rafferty, Brunskill, Griffiths, & Shafto, 2011). Les POMDP offrent un cadre théorique attrayant qui garantit une solution optimale à long terme pour un problème de planification. Cependant, étant donné la forte complexité de calcul nécessaire, il est pratiquement impossible de trouver une solution exacte au problème. Certaines solutions approximatives dans le domaine des STI ont envisagé l'utilisation d'agrégations d'états au lieu de se baser sur les composantes de connaissances complètes. Un autre inconvénient est que les POMDP nécessitent un modèle étudiant précis afin d'optimiser le processus. Si le réel étudiant dévie de ce modèle défini par contre, alors les propriétés d'optimisation sont perdues.
- Comme indiqué, avant d'optimiser la séquence des exercices, il est important d'avoir une certaine connaissance de l'impact qu'aura un exercice donné sur l'apprentissage des domaines de connaissance (*Knowledge Component* (KC)), ainsi que de pouvoir suivre ce que chaque étudiant maîtrise déjà. Une grande partie de la recherche sur les STI porte sur les aspects de modélisation des modèles cognitifs et des modèles étudiants, ce qui a abouti à la mise en place du cadre formel *Knowledge Tracing* (Corbett & Anderson, 1994). Il consiste en la description détaillée du modèle cognitif de l'étudiant, de ses processus d'apprentissage en considérant un ensemble de KC indépendants, de la probabilité de les apprendre et de la probabilité d'avoir une réponse correcte ou non dans les exercices associés à ces KC. Des méthodes plus récentes

étendent ce cadre à une approche probabiliste bayésienne (Chang, Beck, Mostow, & Corbett, 2006; Villano, 1992) dans le but d'améliorer la performance et la compréhension de ces méthodes. Depuis peu, d'autres approches ont commencé à considérer comment apprendre de tels modèles ainsi que leurs dérivés, permettant de découvrir et d'analyser simultanément la relation entre les activités d'apprentissage (exercices) et les KC (Baker, Corbett, & Alevan, 2008; Cen, Koedinger, & Junker, 2006; González-Brenes, Huang, & Brusilovsky, 2014; González-Brenes & Mostow, 2012).

- Une méthode récemment explorée consiste à utiliser le modèle BMB (Bandit Multi-Bras) (Auer, Cesa-Bianchi, Freund, & Schapire, 2002) pour gérer et personnaliser les séquences d'activités pédagogiques (Clement et al., 2015). Le BMB a l'avantage d'être extrêmement efficace au niveau implémentation et se base sur des modèles étudiants très faibles. Le principal inconvénient est le manque de planification à long-terme de la meilleure séquence d'activité basée sur le compromis d'exploration-exploitation pour trouver le meilleur parcours d'apprentissage. Conscients de ce problème, les auteurs de l'algorithme ont estimé que le BMB devait être complété par un graphe de connaissances/activités peu défini afin de fournir une vision à long-terme de l'optimisation (Clement et al., 2015).

Ce graphe a abouti à l'implémentation de l'algorithme ZPDES (Zone of Proximal Development and Empirical Success). Basé sur l'hypothèse du progrès d'apprentissage détaillé dans la section précédente, il est initialisé avec un certain nombre d'activités définies comme étant les activités de départ. A chaque moment, ZPDES dispose d'un ensemble d'activités appelé Zone of Proximal Development (ZPD) (Vygotski, 1987) qui peut être proposé à l'étudiant et adapté en fonction de ses résultats. Dans le graphe d'activités présenté ci-dessous (Figure 2.14), lorsque l'étudiant obtient un taux de réussite  $\delta_{ZPD}$  qui atteint une valeur  $\lambda_{ZPD}$  sur toutes les activités activées (colonne 1), le graphe est étendu afin d'explorer d'autres activités (colonne 2). Ensuite, lorsque l'étudiant obtient sur une activité spécifique  $a_i$  un taux de réussite  $\delta_{a_i}$  qui est plus élevé que le seuil  $\lambda_{a_i}$ , alors cette activité est désactivée (colonne 3). Ces deux seuils permettent de configurer de façon partielle le comportement d'exploration de l'algorithme ZPDES.



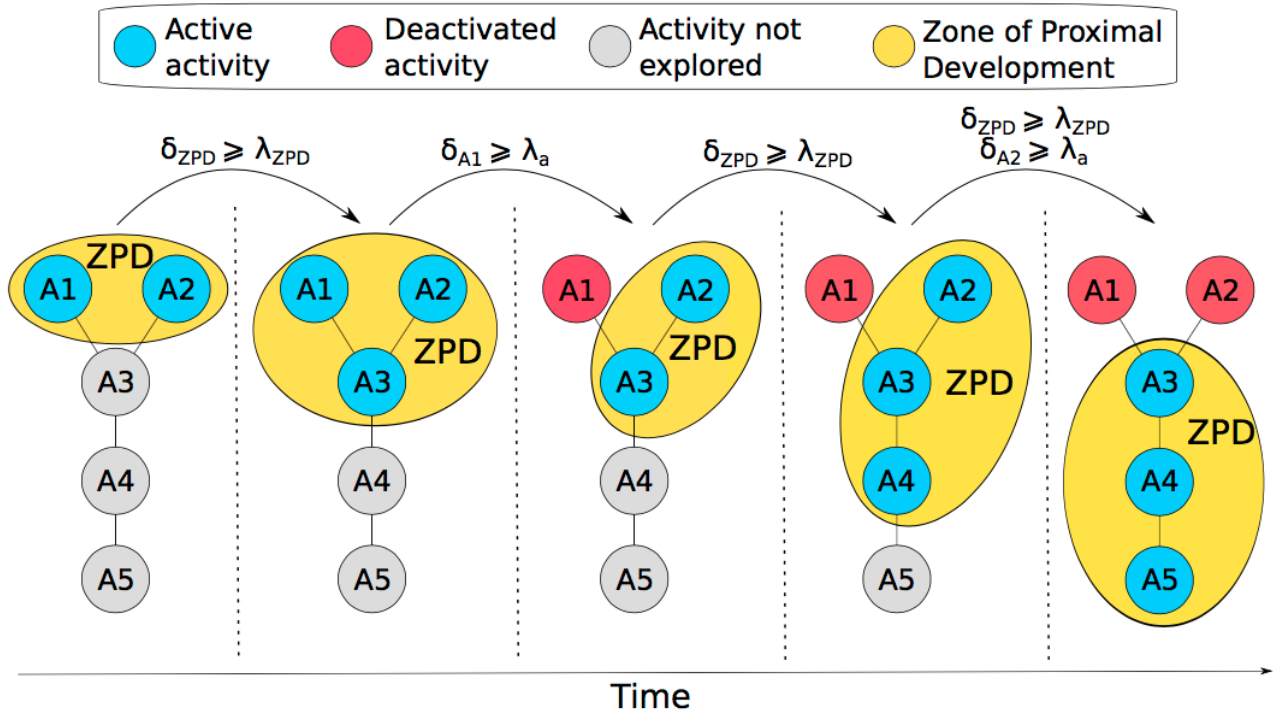


Figure 2.14 : Exploration du graphe d'activité ZPDES avec  $\delta_{ZPD}$  le taux de réussite obtenu sur la totalité des activités activées,  $\lambda_{ZPD}$  le seuil à atteindre pour étendre la ZPD,  $\lambda_{Ax}$  le taux de réussite obtenu pour l'activité  $A_x$  et  $\lambda_a$  le seuil à atteindre pour désactiver une activité.

Ainsi, au sein même de l'ensemble des activités activées, ZPDES sélectionne de manière probabiliste les activités en fonction du progrès d'apprentissage obtenu au fil de l'eau. Ce progrès d'apprentissage est basé sur la théorie du même nom détaillé dans la section précédente. Dans notre cas, la ZPD correspond à l'ensemble des activités « apprenables » qui dépassent juste les capacités prédictives actuelles de l'apprenant (ni trop faciles, ni trop difficiles), afin de maximiser le progrès d'apprentissage, c'est-à-dire de minimiser ses erreurs de prédictions et de le motiver intrinsèquement via un état de curiosité.

Durant leurs travaux, Clément et al. ont développé et testé un ensemble d'expériences pour l'apprentissage des mathématiques dans le cadre du projet Kidlearn (Clement et al., 2015). Ils ont ainsi réalisé des simulations ainsi que des tests utilisateurs en environnement réel pour adapter les hyperparamètres de l'algorithme ZPDES tels que les valeurs des seuils, et comparer ses performances dans le progrès d'apprentissage chez des populations d'étudiant par rapport aux autres approches précédemment expliquées. Les sections suivantes résument ces expériences.

### 2.1.5.3 Expériences ZPDES vs. Knowledge Tracing vs. Séquence prédéfinie.

La première expérience a consisté à comparer trois séquences d'apprentissage automatisées : ZPDES, RiARiT (Right Activity at Right Time), qui est un algorithme issu du cadre Knowledge Tracing (très répandu, et servant de « benchmark »), et une séquence d'activité prédéfinie qui a été définie par un expert pédagogique (Figure 2.15). Sur une population simulée de 1000 étudiants, chacune propose des exercices selon le niveau estimé de chacun. La figure ci-dessous montre l'évolution des niveaux de compétence des étudiants sur

100 exercices proposés selon chaque séquence d'apprentissage. Dans cette expérience, les résultats montrent que RiARiT fournit de meilleurs résultats que ZPDES, lui-même plus performant que la séquence prédéfinie. Cependant, cette première méthode reste très couteuse car un expert pédagogique doit définir les niveaux de compétence nécessaires pour chaque KC afin de réussir une activité (Figure 2.16). L'algorithme ZPDES est alors le plus performant au vu du ratio coût/efficacité qu'il génère par rapport à la méthode issue du Knowledge Tracing et par rapport à la séquence prédéfinie.

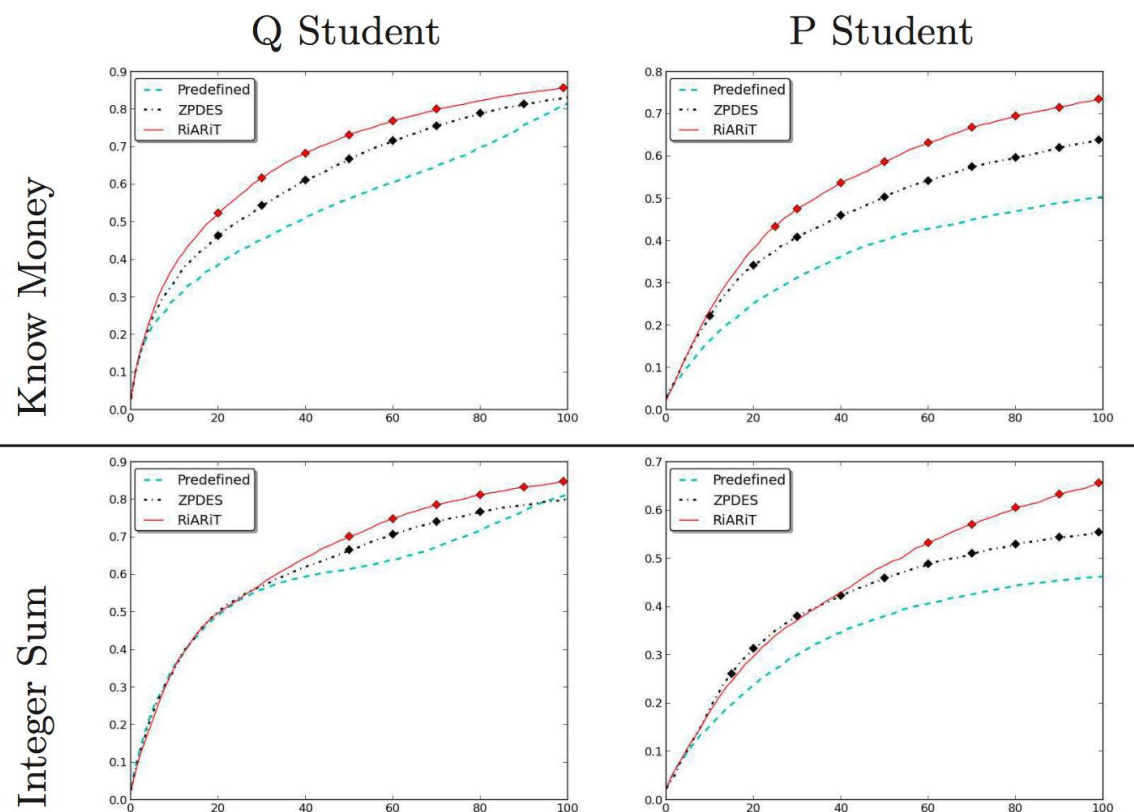


Figure 2.15 : Evolution des niveaux de compétence pour deux Knowledge Components (« Know Money » et « Integer Sum ») en fonction du temps et pour deux types de population (P et Q). Les marqueurs sur les courbes signifient que la différence est significative (rouge : RiARiT vs. ZPDES ; noir : ZPDES vs. Predefined).

		KnowMoney	IntSum	IntDec	DecSum	DecDec	Memory
Exercise Type	1	0,3	0.4	0	0	0	0.3
	2	0,5	0.6	0.3	0	0	0.5
	3	0,6	0.7	0.6	0	0	0.5
	4	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.7
	5	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.8
	6	1	1	1	1	1	1
Price Present.	S	0.9	1	1	1	1	1
	W	1	1	1	1	1	0.6
	S&W	0.8	1	1	1	1	0.2
Cents Not.	x.x€	0.8	1	1	1	1	1
	x€x	1	1	1	1	1	1
Money Type	Real	1	-	-	0.9	0.9	1
	Token	0.1	-	-	1	1	1

Figure 2.16 : Tableau indiquant les niveaux de compétence nécessaires pour chacune des KC (KnowMoney, IntSum etc.) afin de réussir chaque activité proposée (paramétrée selon Exercise Type, Price Presentation etc.) dans le cadre de l'implémentation de RiARiT.

Afin de confirmer les résultats obtenus en simulation auprès d'une population réelle, une étude utilisateur a été réalisée auprès de 400 élèves âgés entre 7 et 8 ans (11 classes) qui devaient utiliser Kidlearn sur une session de 40 minutes. Dans chaque classe, les élèves étaient répartis en quatre groupes : un groupe qui n'utilisait pas Kidlearn, un groupe avec la séquence prédéfinie, un groupe avec la séquence d'apprentissage proposée par RiARiT et un groupe avec ZPDES.

La figure ci-dessous montre le pourcentage d'élèves qui réussissent chaque niveau et type d'exercice (niveau maximum atteint pour chaque type d'exercice). Les résultats sont alors similaires à ceux obtenus en simulation, où la majorité des élèves réussissent des niveaux d'exercices plus difficiles avec les séquences proposées par RiARiT et ZPDES, en comparaison avec la séquence prédéfinie. En effet, les élèves ont pu réaliser des activités plus variées et les compléter plus rapidement avec les algorithmes plutôt qu'avec une séquence prédéfinie qui avait été définie par un expert pédagogique.

Comme expliqué dans les résultats de simulation, l'algorithme ZPDES nécessite cependant beaucoup moins d'information et de paramètres à adapter que pour l'algorithme RiARiT, où il n'est pas réaliste d'appliquer cette méthode dans un contexte réel d'optimisation d'apprentissage personnalisé. La méthode ZPDES prouve ainsi son efficacité pour personnaliser et adapter le contenu pédagogique en fonction de la progression des élèves, et reste la meilleure adaptation pour l'élève en environnement réel.

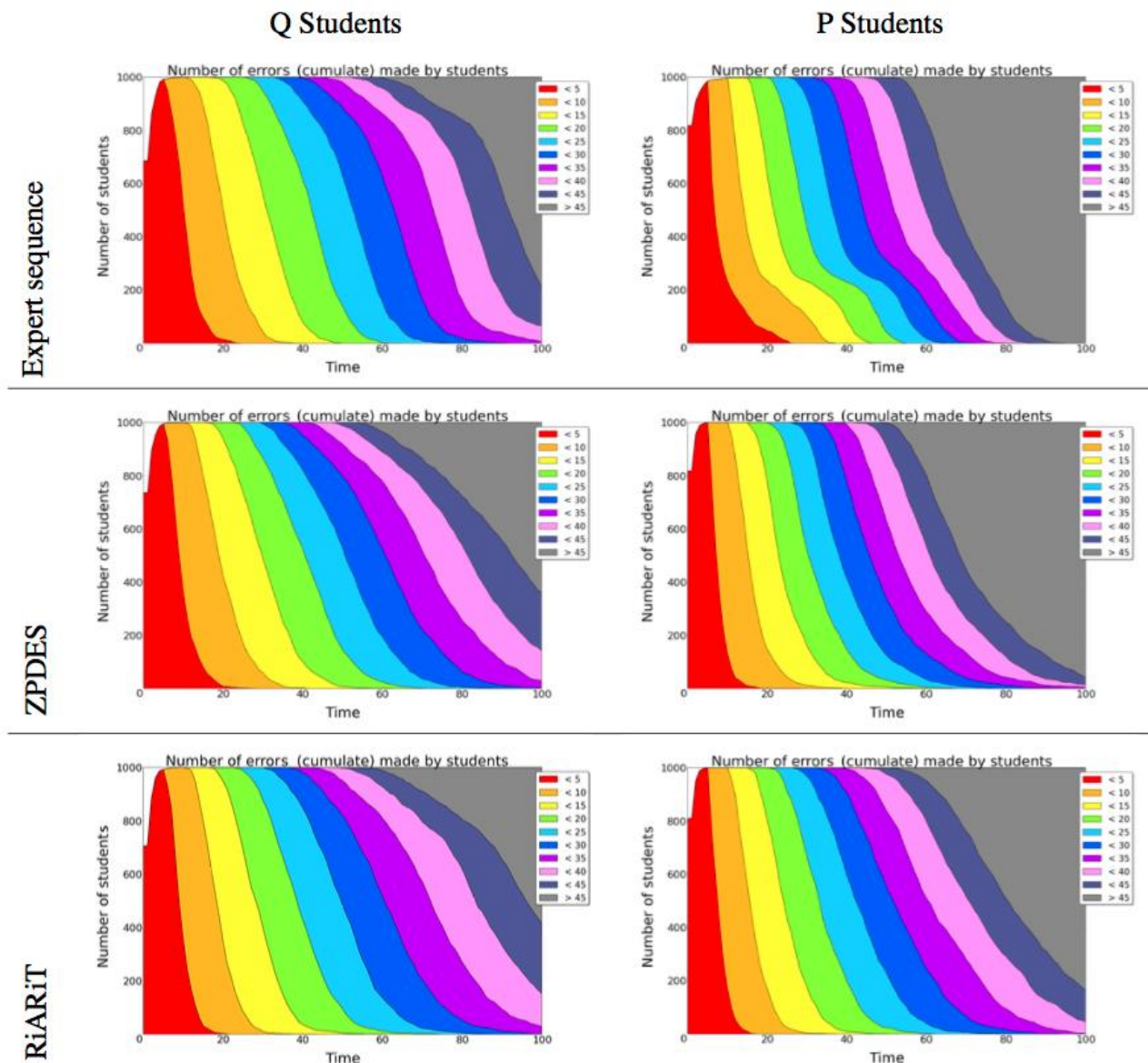


Figure 2.17 : Nombre d'erreurs effectuées par les élèves. Selon la durée (i.e nombre d'exercices effectués) et pour chaque erreur cumulée (intervalles de couleur), les bandes colorées indiquent le nombre total d'élèves ayant fait ce nombre d'erreur.

#### 2.1.5.4 Expériences POMDP vs. ZPDES (Clement, Oudeyer, & Lopes, 2016).

Un des derniers travaux de ces chercheurs compare les performances d'optimisation de séquences d'activités personnalisées via la méthode POMDP (fournissant un parcours d'apprentissage optimal sur du long-terme mais demeurant complexe à implémenter), versus la méthode ZPDES (optimisant les séquences de façon locale mais étant plus facile à implémenter et nécessitant un modèle étudiant plus simple). Les auteurs ont alors comparé en simulation la robustesse de ces deux méthodes sur une population de 600 étudiants (qui correspond de façon plus réaliste à de réels élèves).

*Population homogène.* La figure ci-dessous (Figure 2.18) représente la moyenne des niveaux de compétences atteints pour les 600 étudiants avec différentes versions des algorithmes POMDP et ZPDES.

Ainsi, pour un modèle étudiant particulier  $x$  :

- $POMDP_x$  reçoit le graphe et les paramètres du modèle étudiant ;
- $ZPDES^*_x$  reçoit le graphe et les paramètres d'exploration optimisés pour ce même graphe ;
- $ZPDES^H_x$  reçoit le graphe et les paramètres standardisés pour le graphe d'exploration.

Une séquence contrôle a été mise en place, où les activités sont proposées de façon aléatoire. Ici la population est homogène, c'est-à-dire que chaque étudiant est considéré comme ayant un progrès d'apprentissage identique aux autres, c'est un modèle idéal.

Dans les résultats observés ci-dessous, les performances de  $ZPDES^*$  sont très proches de celles de POMDP, qui est pourtant la solution optimale dans ce cas de figure. Une des variantes de ZPDES obtient des résultats plus faibles ( $ZPDES^H$ ) mais ce résultat était attendu vu que ses paramètres ne sont pas optimisés pour ce graphe spécifique.

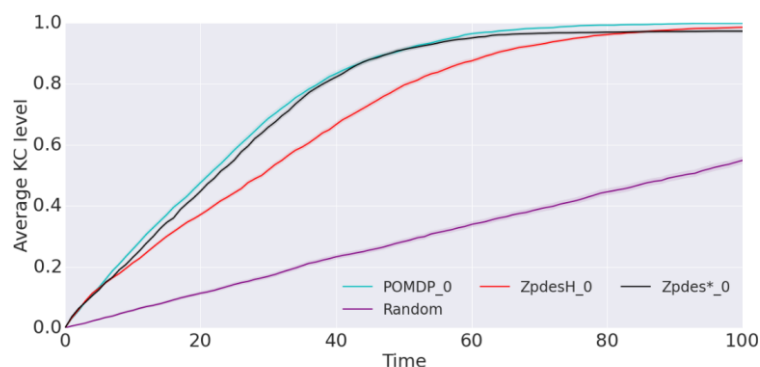


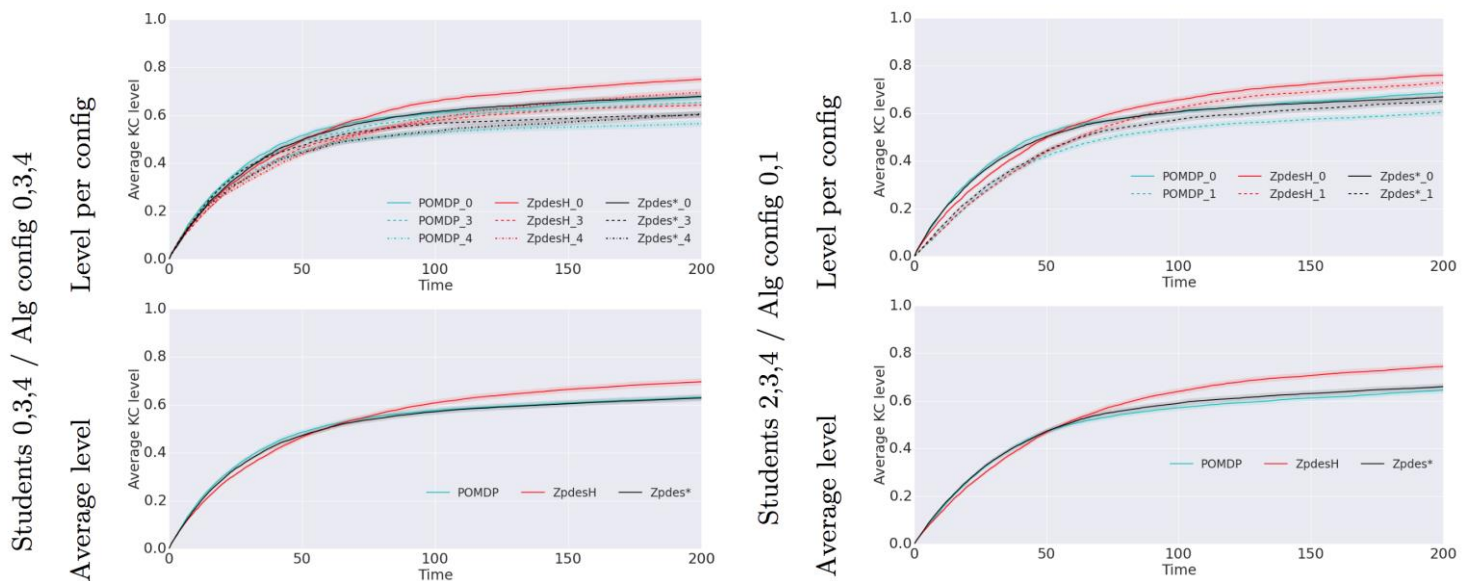
Figure 2.18 : Évolution du niveau de compétence moyen pour les 600 étudiants avec les algorithmes POMDP,  $ZPDES^*$ ,  $ZPDES^H$ . Pour chaque courbe, le nombre associé au nom de l'algorithme correspond au graphe de connaissance qui a été utilisé pour configurer l'algorithme (modèle étudiant 0). Chaque courbe indique la moyenne des niveaux de KC pour cette population en fonction de la durée et pour chaque configuration d'algorithme.

*Population hétérogène.* Afin de vérifier si ces performances pouvaient ressortir dans un cas plus réaliste, Clément et ses collaborateurs ont comparé ces méthodes lorsqu'ils rencontrent des populations hétérogènes d'étudiants (Figure 2.19). Pour cela, les chercheurs leur ont fourni les informations associées à une population spécifique d'étudiants, et ensuite ils ont testé leur



performance lorsqu'ils doivent s'adresser à une population différente d'étudiants. La population en question était alors composée d'étudiants qui peuvent suivre jusqu'à trois graphes de connaissances différents.

Dans les résultats observés ci-dessous, ZPDES<sup>H</sup> fournit la meilleure performance car ses paramètres d'exploration n'étaient pas optimisés sur un graphe de connaissance en particulier, ce qui lui confère une meilleure adaptabilité et moins de contraintes dans l'exploration. Dans le cadre d'un modèle étudiant particulier, cet algorithme présente de plus faibles performances que POMDP et ZPDES\*, alors qu'il montre la meilleure performance dans une population hétérogène.



**Figure 2.19** : Évolution du niveau de compétence moyen pour les 600 étudiants avec les algorithmes POMDP, ZPDES\*, ZPDES<sup>H</sup>. Pour chaque courbe, le nombre associé au nom de l'algorithme correspond au graphe de connaissance qui a été utilisé pour configurer l'algorithme (modèles étudiants 0, 1, 3, 4). Chaque courbe indique la moyenne des niveaux de KC pour cette population en fonction de la durée et pour chaque configuration d'algorithme.

Ainsi, dans le cas d'une population hétérogène, cas le plus représentatif en situation réelle d'apprentissage, le meilleur algorithme à utiliser est ZPDES en utilisant des paramètres qui ne sont pas optimisés pour une population en particulier. En devenant plus flexible en exploration, il devient ainsi plus robuste lorsqu'il change de population.

La méthode du Bandit Multi-Bras, lorsqu'il est combiné avec un graphe d'activités, propose le meilleur choix d'optimisation d'apprentissage personnalisé comparé à la méthode POMDP, en raison de sa facilité d'implémentation et de sa dépendance aux modèles étudiants les plus simples.

Ce type de STI ayant montré de nombreux bénéfices, son implémentation au sein d'un système numérique pour l'éducation en santé apparaît alors comme un moyen d'amélioration pertinent pour fournir une personnalisation automatisée.

## 2.2 Pour l'éducation en santé

### 2.2.1 Education thérapeutique et programmes web associés

Pour soutenir l'adhésion thérapeutique, des programmes d'éducation thérapeutique ont été mis en place via des ateliers (individuels ou en groupe) incluant un ou plusieurs professionnels de santé, avec pour objectif d'améliorer les connaissances et l'autogestion de la maladie, et ce, de manière personnalisée en référence au diagnostic éducatif initial (connaissances et compétences à acquérir, voir détail en 1.3). En effet, les activités éducatives sont structurées à partir du diagnostic éducatif, les centres d'intérêt et les projets du patient. Celles-ci reposent sur l'utilisation de techniques pédagogiques, notamment celles qui favorisent l'interactivité. Les techniques pédagogiques sont sélectionnées en fonction de la nature des compétences que le patient est amené à acquérir et de ses préférences. L'évaluation des progrès est intégrée à l'apprentissage et se réalise durant la séance d'éducation. Par un questionnaire adapté, l'évaluation développe chez le patient des capacités d'auto-évaluation lui permettant d'entreprendre des activités spontanées d'apprentissage. Une évaluation finale permet de vérifier si l'ensemble des compétences visées est acquis et d'inférer sur leur transfert éventuel dans la vie quotidienne du patient. Dans la littérature, de nombreuses études ont montré l'intérêt de ce type de programme d'éducation thérapeutique dans l'adhésion aux traitements chez les adultes asthmatiques (Windsor et al., 1990) mais aussi pour d'autres maladies chroniques (tuberculose (D Souza, 2003 ; Dick & Lombard, 1997), VIH (Goujard et al., 2003), arthrite (Hill, Bird, & Johnson, 2001)); raison pour laquelle les bénéfices de l'éducation thérapeutique ne sont plus discutés aujourd'hui.

Dans le but de favoriser l'impact éducationnel pour une utilisation à long-terme, certains chercheurs (Rikkers-Mutsaerts et al., 2012) ont alors conçu un site internet d'autogestion pour les enfants asthmatiques, composé d'information sur l'asthme, des actualités, des Foires Aux Questions (FAQ) et la possibilité de communiquer avec une infirmière spécialisée. L'utilisation de l'outil était également couplée à des sessions d'éducation d'autogestion de l'asthme, d'auto-surveillance (où les enfants reçoivent un feedback instantané sur leur niveau de contrôle de l'asthme avec des conseils sur l'ajustement des médicaments) et des rendez-vous médicaux réguliers (Gibson et al., 2002). Dans une autre étude, l'intervention incluait seulement l'utilisation d'un site internet de gestion et d'éducation sur l'asthme via télésurveillance durant un an (Chan et al., 2007). Enfin, Jan et ses collaborateurs ont étudié sur une période de 12 semaines l'impact d'un programme de surveillance éducatif et interactif sur l'asthme implémenté dans un site internet. Ce dernier était composé d'informations basiques sur l'asthme pour les enfants, un journal électronique, un plan d'action pour les patients et un système d'analyse de récupération des données lié aux symptômes (Jan et al., 2007). Après avoir utilisé ces programmes web éducatifs allant de trois mois à un an, toutes les études ont montré que la qualité de vie et l'utilisation des traitements avaient été améliorées, contrairement au contrôle de l'asthme.

### 2.2.2 Serious games en santé commercialisés et évalués

L'usage initial de jeux conçus à des fins « sérieuses » s'est effectué dans le domaine militaire puis s'est étendu à l'éducation et au business (Halter, 2006), pourtant l'essor du numérique depuis les années 2000 a fortement contribué à la conception de « serious games » digitaux. Ces jeux conçus dans des environnements non ludiques et avec un objectif éducationnel (Kapp, 2012) sont alors définis comme « *toute forme de logiciel de jeu interactif informatisé pour un ou plusieurs joueurs pouvant être utilisé sur n'importe quelle plateforme* ».

et qui a été développé avec l'intention d'être plus que du divertissement » (Ritterfeld, Cody, & Vorderer, 2009). Largement utilisé dans le domaine de l'éducation pour les plus jeunes (Bergeron, 2006; Cordova & Lepper, 1996; Malone, 1980), la plupart des serious games s'est spécialisée dans le cadre de maladies ou de traitements chroniques. Malgré le fort développement de ces jeux sur les stores (Android ou Apple), peu ont fait l'objet d'études scientifiques concernant leur efficacité au niveau connaissance et gestion dans la vie quotidienne sur du moyen/long terme (Beale et al., 2007; Charles et al., 2007; Kato, Cole, Bradlyn, & Pollock, 2008; Lieberman, 2001; Shegog et al., 2001). Récemment, Pamela Kato (Kato, 2010) a recensé les serious games ayant bénéficié d'une évaluation scientifique dans ce domaine et pour un public d'enfants et d'adolescents, énumérés ci-après.

*Snow World*. L'enfant est immergé dans un monde de Réalité Virtuelle (RV) où il vole à travers des paysages de glace et peut envoyer des boules de neige sur des bonhommes de neige. Ce jeu a été conçu pour minimiser la douleur lors des changements de pansement chez les grands brûlés. Il a été montré que l'immersion dans la RV a diminué de 20% la perception de la douleur en pré-post intervention (Hoffman et al., 2008), mais aussi comparé à l'intervention d'analgésiques (Sharar et al., 2007).

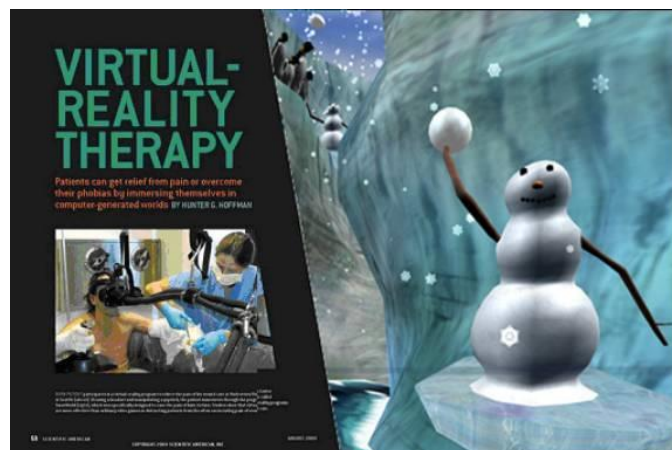


Figure 2.20 : Affiche de communication du projet Snow World (HITLab – University of Washington).

*Packy & Marlon* (Lieberman, 2001). L'histoire parle de deux éléphants qui sont dans un camp d'été pour diabétiques (Figure 2.21). Ils doivent poursuivre de « méchants » rats qui leur prennent la nourriture saine et les produits pour diabétique. Ils doivent gérer leur taux d'insuline et prendre la nourriture appropriée pour que le taux de glucose reste à la normale. Après une étude de six mois, les enfants montraient une meilleure estime de soi pour la gestion de leur diabète et une meilleure communication avec les parents sur le diabète, ce qui se ressentait sur leur comportement (surveiller régulièrement leur taux de glucose, mesurer leur insuline autant que nécessaire, faire attention à l'alimentation). En termes de résultats objectifs de santé, le groupe test a eu une baisse de 77% d'hospitalisations et de visites en urgence, comparé au groupe contrôle (Brown et al., 1997).



Figure 2.21 : Affiche Nintendo du jeu *Packy & Marlon*.

*Re-Mission* (Beale et al., 2007). Il s'agit d'un jeu pour les adolescents atteints d'un cancer. Ils contrôlent un nanobot qui traverse l'intérieur du corps humain pour détruire les cellules cancéreuses. Le nanobot combat également les effets secondaires des traitements comme les nausées, la douleur et les infections. Lors d'une étude randomisée avec 374 patients âgés entre 12 et 29 ans qui devaient jouer à *Re-Mission* une heure chaque semaine pendant trois mois à l'hôpital, il a été observé que les jeunes patients prenaient mieux leur traitement chronique (évaluation via pilulier électronique), avaient une meilleure connaissance sur le cancer (questionnaire en pré-intervention, un mois après le début et en post-intervention) et présentaient une meilleure estime de soi (questionnaire sur la qualité de vie) comparé aux patients qui jouaient à un jeu-vidéo purement ludique (Kato et al., 2008).



Figure 2.22 : Affiche du jeu *Re-Mission*.

*Spiro-game*. Ce jeu a été développé pour utiliser un outil qui permet de mesurer et de lire les résultats des fonctions respiratoires de spirométrie (mesure de la fonction pulmonaire), opération difficile à évaluer chez les plus jeunes. Conçu pour les 3-6 ans, le jeu enseigne aux enfants comment différencier l'inhalation de l'expiration et comment contrôler la respiration. Ils doivent pour cela contrôler une chenille animée par leur respiration, en respirant à travers le spiromètre. Grâce au couplage du jeu avec l'outil, les mesures ont été significativement mieux réussies (Vilozni, Barker, Jellouschek, Heimann, & Blau, 2001).



*Bronkie the Bronchiasaurus* (Kato, 2010; Lieberman, 2001) est un jeu vidéo Nintendo qui a été conçu pour les enfants asthmatiques. L'histoire se passe dans la préhistoire où le monde est rempli de poussière. Un ventilateur qui repousse la poussière a été cassé. Les joueurs peuvent jouer deux personnages, Bronkie ou Trakie, et doivent prendre correctement leur inhalateur, éviter les crises d'asthme en évitant le contact avec la poussière et la fumée pendant qu'ils poursuivent leur quête. Ils doivent également surveiller leur DEP (Débit Expiratoire de Pointe, i.e. appareil qui mesure le degré d'obstruction des bronches), mais aussi répondre correctement à des questions s'ils veulent progresser (questions à choix multiples sur le système respiratoire, autogestion de l'asthme, identifier les facteurs déclenchants, reconnaître les premiers symptômes, savoir quoi faire en cas d'urgence, connaître le principe des médicaments, ...). L'équipe de recherche de Lieberman a réalisé plusieurs études concernant l'impact de l'outil sur l'adhésion thérapeutique (Lieberman, 1997). La plus récente a assigné de jeunes patients asthmatiques à jouer au serious game pendant 40 minutes à l'hôpital, compléter des questionnaires en pré-intervention et post-intervention, puis répondre à une interview téléphonique un mois après. Ces derniers ont manifesté une amélioration du concept de soi et de leur sentiment d'auto-efficacité, de la communication sur la maladie avec les parents, des connaissances associées à l'asthme et des comportements d'auto-soins (Lieberman, 2001).



Figure 2.23 : Affiche Nintendo du jeu *Bronkie the Bronchiasaurus*.

Après avoir énuméré les serious games en santé pour les enfants ayant été mis sur le marché et ayant bénéficié d'une évaluation scientifique, la section qui suit met en lumière les concepts théoriques associés à la conception de ces technologies.

## 2.2.3 Approches comportementales intégrées dans les serious games

### 2.2.3.1 Concepts psycho-comportementaux

Le serious game est un terme utilisé pour décrire les jeux vidéo qui ont été conçus spécifiquement pour l'entraînement et l'éducation (Annetta, 2010). L'auteure a effectué une revue des concepts psycho-comportementaux qui doivent être pris en compte dans la conception des serious games en santé :

- « *Jouer aux jeux* ». Ils sont en effet plus attractifs quand ils sont joués durant les temps de loisir ; pour être divertissant, les jeux vidéo doivent encourager le joueur à participer

à l'aventure et doivent de suite répondre à l'action du joueur (feedback). Ils doivent aussi fournir le défi d'atteindre les buts, stimuler la curiosité et contrôler l'action via des thèmes « fantasy ».

- *Concept de soi.* Les enfants atteints de pathologie chronique ont généralement une mauvaise estime de soi : le jeu doit avoir des personnages attractifs et efficaces qui ont la pathologie chronique, prouvant que la condition chronique n'est pas insurmontable. La théorie de l'apprentissage social stipule que les enfants sont très attentifs aux personnages qui leur ressemblent. Réussir une activité tel un jeu vidéo augmente leur estime de soi, améliorant ainsi leur motivation à persévérer dans l'activité.
- *Auto-efficacité (ou SEP).* Les personnes qui ont une haute auto-efficacité pour effectuer des comportements de santé spécifiques positifs ont plus de chance d'avoir une meilleure hygiène de vie, de chercher et de suivre les conseils médicaux quand ils sont malades, d'éviter les crises et d'y faire face quand elles surviennent (voir détail en 1.4.5). Les jeux vidéo peuvent améliorer l'auto-efficacité en santé quand les joueurs répètent les comportements en santé spécifiques dans les environnements simulés et peuvent observer les résultats virtuels de leurs propres choix.
- *Connaissance et compétences.* Les jeux vidéo peuvent enseigner du contenu et des compétences efficacement. L'appel motivationnel des jeux vidéo est utile en délivrant des informations de santé pertinentes à des jeunes qui ne cherchent pas d'information sur d'autres sources de média ou de conseils d'experts sur leurs conditions de santé et leurs comportements à adopter.
- *Communication et support social.* Pour les enfants, les jeux vidéo sont une activité sociale populaire : ils en parlent entre eux, s'aident mutuellement via des stratégies établies et s'amuse ensemble avec les applications multi-joueurs en travaillant de façon coopérative pour gagner en gardant leurs personnages en bonne santé (Interactive Digital Software Association, 2000). L'enfant peut aussi endosser le rôle d'expert dans la famille (s'y connaît mieux en jeux, peut même former les parents). Les jeux vidéo ont le potentiel de stimuler la discussion sur leur pathologie avec les amis, la famille, les praticiens.
- *Comportements en santé.* Les patients, surtout les adolescents, peuvent penser être invulnérables même s'ils sont conscients des risques de leur comportement actuel. Dans les jeux vidéo, en plus de l'apprentissage via l'action, des informations factuelles sont affichées sur des écrans d'introduction avec des Questions à Choix Multiples (QCM), fournissant des informations plus détaillées sur les causes, traitements, situations sociales, options d'auto-soin liées au sujet etc.

Selon Kato (Kato, 2010), les jeux vidéo permettent d'augmenter la motivation des patients pour leur santé. En effet, ils permettent d'améliorer la participation du patient dans des tâches de diagnostic importante, améliorer sa connaissance sur sa maladie, et augmenter son adhésion à des traitements qui lui sont primordiaux pour survivre. Lieberman complète ces bénéfices en ajoutant que les jeux vidéo augmentent l'implication du patient dans la santé, améliorent l'adhésion au régime d'auto-soin et d'auto-surveillance en cours et améliorent la communication avec ceux qui offrent les soins cliniques (Lieberman, 2001). Plus précisément, les jeux améliorent les comportements en santé en fournissant :

- Des personnages attractifs qui montrent des auto-soins appropriés ;
- Des régimes d'auto-soin personnalisables, tels que les soins que le personnage doit se faire quotidiennement dans une condition chronique peut être similaire à celle du joueur ;
- Des répétitions constantes des compétences d'auto-soin et de prévention, avec les conséquences décrites dans le jeu ;

- Des enregistrements cumulés de l'état de santé du personnage, de ses activités quotidiennes, de ses prises de médicaments, similaire aux registres que les praticiens demandent aux patients d'utiliser ;
- Des options à deux joueurs qui favorisent la communication sur le sujet de la santé avec la famille, les amis, les praticiens.

Pour d'autres (Beale, 2005), les jeux vidéo sont efficaces pour améliorer la connaissance et pour atteindre des objectifs de comportement lorsqu'ils utilisent les stratégies suivantes :

- Utilisation d'incitations ;
- Difficulté des tâches sélectionnables ;
- Feedback immédiat pour chaque réponse alternative ;
- Opportunités illimitées pour la prise d'initiatives ;
- Pertinence motivationnelle ;
- Transfert planifié d'apprentissage à travers les situations et classes de réponses.

### 2.2.3.2 Bénéfices des serious games santé sur l'adhésion thérapeutique

Bien qu'il existe de nombreux jeux vidéo dans le domaine de l'éducation en santé, peu ont fait l'objet d'études scientifiques mesurant leur impact sur l'adhésion aux traitements chroniques. Parmi eux nous retrouvons *Re-Mission*, *Bronkie the Bronchiasaurus*, *Packy & Marlon* qui ont été détaillés en 2.2.2. Par exemple, *Re-Mission* est basé sur la théorie de l'apprentissage social de Bandura en externalisant le comportement adéquat de l'utilisateur à travers celui de l'avatar et en adoptant certaines techniques comme le « feedforward » et le « positive self-review ». D'autres serious games en revanche ont été conçus entièrement en s'appuyant sur la théorie du comportement planifié et le HBM, bien qu'il s'agisse de conception de jeux pilotes sans objectifs de commercialisation, en particulier :

- *Serious game et observance chez des jeunes diabétiques de type 1* (H. Kharrazi et al., 2008). Le jeu a été développé selon la théorie du comportement planifié d'Ajzen pour améliorer le taux d'observance aux traitements chez des jeunes diabétiques de type 1 (i.e. capacité à prendre correctement un traitement tel qu'il est prescrit par le médecin, terme différent de l'adhésion, voir 1.2.1). Les parents devaient signaler dans un premier temps le taux d'observance de leurs enfants, puis les enfants ont été assignés pour jouer à ce serious game suivant leur observance aux traitements. Sur une base de jeu de gestion de vie quotidienne, ce dernier a pour principe que chaque bonne réponse à des questions liées au diabète fait collecter les points, qui peuvent être utilisés pour acheter de nouveaux items (maison, voiture etc.), changer d'option ou jouer à des mini-jeux supplémentaires. L'étude a ainsi montré une augmentation significative du taux d'observance aux traitements. Comme cadre conceptuel, les auteurs ont identifié et choisi les éléments clé qui cartographient les différents facteurs d'autonomisation, d'observance et de changements comportementaux :
  - o La connaissance initiale et le contenu éducationnel (attitude envers le comportement) ;
  - o Les facteurs motivationnels comme les systèmes de points et les systèmes de conseil virtuel (contrôle comportemental perçu) ;
  - o La pression des pairs (croyances normatives) ;
  - o Des outils de mesure comme des questionnaires et des rapports d'observance.L'étude d'utilisabilité s'est faite par des questionnaires (échelles de Lickert) catégorisés par : efficacité qui reflète le but du jeu en affectant l'observance (score :

89.5%), satisfaction du côté ludique (score : 90%), facilité d'apprentissage (score : 91.4%), facilité à mémoriser les caractéristiques du jeu (score : 80.7%).

- *Testing for Hypoglycemia while driving (Hadi Kharrazi, Faiola, & Defazio, 2009)*. Il s'agit ici d'un jeu éducatif pour des adolescents diabétiques de type 1. Le but est de changer les attitudes des adolescents et de leurs parents sur l'hypoglycémie et la conduite, mais aussi changer leur connaissance de la gravité et la menace perçue, les bénéfices de la prise de mesure perçus, et les barrières à cette prise de mesure. Le but est de diminuer à terme les crises d'hypoglycémie lors de la conduite chez les adolescents diabétiques. Lors de la conception du jeu, les scénarios ont été développés selon le HBM car :
  - o Une personne prendra une mesure liée à la santé si elle sent qu'une condition négative, comme un faible niveau de sucre dans le sang, pourra être évitée ;
  - o Une personne qui aura une attente positive en adhérant à l'action recommandée évitera les conditions négatives de santé ;
  - o Une personne qui croit qu'elle peut accomplir une action de santé recommandée aura des résultats positifs.

Quatre scénarios d'apprentissage ont ainsi été développés, comme par exemple permettre au participant de faire des choix avant et pendant la conduite à l'école. Cette conception s'est fondée sur le HBM qui a ainsi guidé la présentation de l'information (sensibilité/gravité de la condition, bénéfice d'un changement comportemental), mais aussi la performance ultime (indices comportementaux).

Nous n'avons listé ici que les principaux jeux qui ont été conçus dans le but d'améliorer la connaissance et l'adhésion aux traitements chroniques. *Re-Mission*, *Bronkie the Bronchiasaurus* et *Packy & Marlon*, ces jeux commercialisés, sont parmi les rares qui ont réellement fait l'objet d'études sur l'impact qu'ils pouvaient avoir en santé. Dans le domaine du serious game, de nombreux jeux ont pourtant été commercialisés mais leurs effets n'ont pas été mesurés. Pour en citer quelques-uns, nous trouvons les jeux destinés à des enfants diabétiques : *Monster Manor*, *Gluciweb*, *Captain Novolin*, *Glocoboy*, *Escape from Diab*, *Nanoswarm*, etc. (Figure 2.24).



Figure 2.24 : Affiches des serious games *Monster Manor* (gauche), et *Captain Novolin* (droite).

### 2.2.3.3 Applications mobiles

Dans la même veine, au niveau des applications mobiles qui sont commercialisées, beaucoup ont été développées pour calculer la sévérité de l'asthme, mais peu également ont été testées sur l'effet qu'elles pouvaient avoir dans l'adhésion aux traitements. Le développement

d'applications centrées sur des maladies chroniques est très prolifique sur les stores d'applications. Néanmoins, ces dernières n'ont pas fait l'objet de validation ergonomique ou de santé (bénéfiques). La liste qui suit, bien que non exhaustive, énumère les principales applications ciblées sur l'asthme et permettant d'améliorer l'observance.

- *Applications mobiles commercialisées ciblées sur l'asthme.*
  - *Asthmacrise.* Système qui permet d'effectuer des rappels de prise de médicament, d'enregistrer les facteurs déclenchants, identifier les signes précurseurs de la crise, montrer les cartes de pollution, etc. ;
  - *Asthmatrack.* Application de type journal de symptômes pour personnes atteintes d'asthme. Elle enregistre les prises de traitement, fournit des graphiques d'évolution, etc. Ce système a été évalué par DMD Santé, qui a montré que même si l'application était complète, elle était peu intuitive.
  - *Mon Asthme.* Elle permet la réalisation des tests de contrôle, l'enregistrement du traitement et du DEP, et la géolocalisation des écoles de l'asthme. Elle permet également de reporter l'historique de suivi, donner des conseils, etc. ;
  - *Athma Info.* Cela correspond à un système de type journal de suivi qui peut être partagé avec le médecin et peut effectuer des tests de contrôle de l'asthme ;
  - *Asthma MD.* Il s'agit d'un journal qui permet l'enregistrement de l'activité asthmatique, des médicaments pris et des causes des crises. L'utilisateur peut partager ce journal avec le médecin et les laboratoires de recherche. Sous forme de données chiffrées et anonymes, les utilisateurs envoient en effet des informations telles que la gravité de leur crise d'asthme, les déclencheurs et les moments associés (heure, date et lieu) à une base de données gérée par Google ;
  - *Propeller Health.* Il permet le suivi de gestion de l'asthme par un capteur qui enregistre la prise de l'inhalateur par Bluetooth sur le téléphone. Entre autres, ce système comprend l'enregistrement des symptômes, déclencheurs et des traitements.
  - *Etc.*
  
- *Applications mobiles pour améliorer l'observance.*
  - *Dosecast.* Ce système comprend les rappels de prise de médicament personnalisables (en comprimés) et enregistre l'historique des prises.
  - *CLEVERSMS.* Cette application permet l'envoi de SMS, mails, fax, messages vocaux automatiques, personnalisés et planifiés à l'avance pour les rappels de prise de médicament, de tension, de glycémie etc. par les praticiens. Ce système est déjà utilisé au CHU de Timone à Marseille et fournit déjà des résultats probants sur l'observance.
  - *Care4Today.* Plateforme développée par Janssen Healthcare Innovation qui envoie des SMS sécurisés de rappels de prise de médicament, des ordonnances de recharge et des visites chez les fournisseurs de soins de santé. Chaque message de rappel exige une réponse qui est inscrite dans le dossier d'adhésion de l'utilisateur et qui est stockée sur le site web sécurisé et protégé.
  - *Mes traitements.* Développée par Malakoff Mederic, cette application permet d'enregistrer les traitements pris et de planifier les rappels. Elle contient un agenda des contacts et des rendez-vous médicaux, ainsi que des conseils en cas de mauvaise gestion des médicaments.
  - *Boehringer Ingelheim Platform.* Cette application, encore au stade de la conception, est une plateforme informatisée d'autogestion du diabète. Elle comprend :

- Un plan d'action personnalisé qui proposera des objectifs d'amélioration du comportement de santé, d'un retour biométrique montrant la réalisation des objectifs et les différentes étapes ;
  - Une interaction informatique avec un coach ;
  - Une reconnaissance des progrès et des incitations à les poursuivre ;
  - Une possibilité de commande de matériel et de bandelettes ;
  - Des rappels pour la prise des médicaments ;
  - Un réseau de soutien social.
- *Etc.*

Comme nous venons de le voir, la notion de Motivation Intrinsèque est largement utilisée dans les technologies liées aux domaines de l'éducation générale, et commence à être appliquée dans l'éducation à la santé, notamment grâce à la prise en compte de l'autodétermination nécessaire à une amélioration de la gestion de la maladie. De nombreux outils numériques ont alors émergé mais en général ils sont conçus par des ingénieurs ou des développeurs informatiques en ne regardant que le facteur d'observance (critère exigé en majeure partie par les laboratoires pharmaceutiques), sans prendre en compte le concept d'adhésion qui englobe les traits motivationnels d'une *volonté* de changer positivement le comportement en santé. De la même façon, aucune souscription aux méthodologies de validation tant sur le volet ergonomique que sur le volet efficacité (apprentissage, bénéfiques pour la santé de l'utilisateur) n'est pris en compte dans ces applications.

Dans un contexte où les facteurs humains sont primordiaux à intégrer dans la conception d'un outil technologique afin d'en optimiser les usages et de renforcer les impacts motivationnels, la section suivante relate les différentes approches existantes dans la conception des interfaces homme-machine. L'accent sera ensuite mis sur le choix de conception qui a été établi dans notre projet.



## 3 Approches ergonomiques des Interfaces Homme-Machine (IHM)

### 3.1 Histoire de l'inspection ergonomique des interfaces

En ergonomie des IHM, de nombreux critères existent pour mesurer la qualité d'un système sur le degré d'adaptation aux caractéristiques humaines et aux tâches qu'ils doivent réaliser, et ces derniers ont évolué au fil des recherches dans ce domaine (Figure 2.25).

Il existe quatre approches d'inspection ergonomique selon le critère souhaité comme saillant dans l'interface : les critères d'accessibilité, d'utilisabilité, d'émotivité et de persuasivité (Brangier, Desmarais, Nemery, & Tep, 2015).

Historiquement, le développement de ces approches ergonomiques est étroitement lié à l'essor des technologies numériques (Brangier & Scapin, 2010) :

- Tout d'abord, à partir des années 1960 avec l'approche « Accessibilité », où l'ergonomie a été confrontée aux problèmes d'accès à la technologie et au contenu de l'information.
- Ensuite, vers la fin des années 1970 avec l'approche « Utilisabilité », où l'ergonomie s'est intéressée au problème de la facilité d'utilisation qui met en évidence qu'un produit est plus utilisé si son interface est adaptée aux capacités de l'utilisateur et à leurs objectifs de travail.
- Puis, dans les années 1980 avec l'approche « Emotivité », où le développement des jeux vidéo a souligné l'importance des émotions lorsque nous interagissons avec une interface.
- Enfin, les années 2000 marquent l'approche « Persuasivité ». Le développement du commerce électronique a en effet amené l'emphase sur l'ensemble des formes de persuasion présentes dans les environnements technologiques.

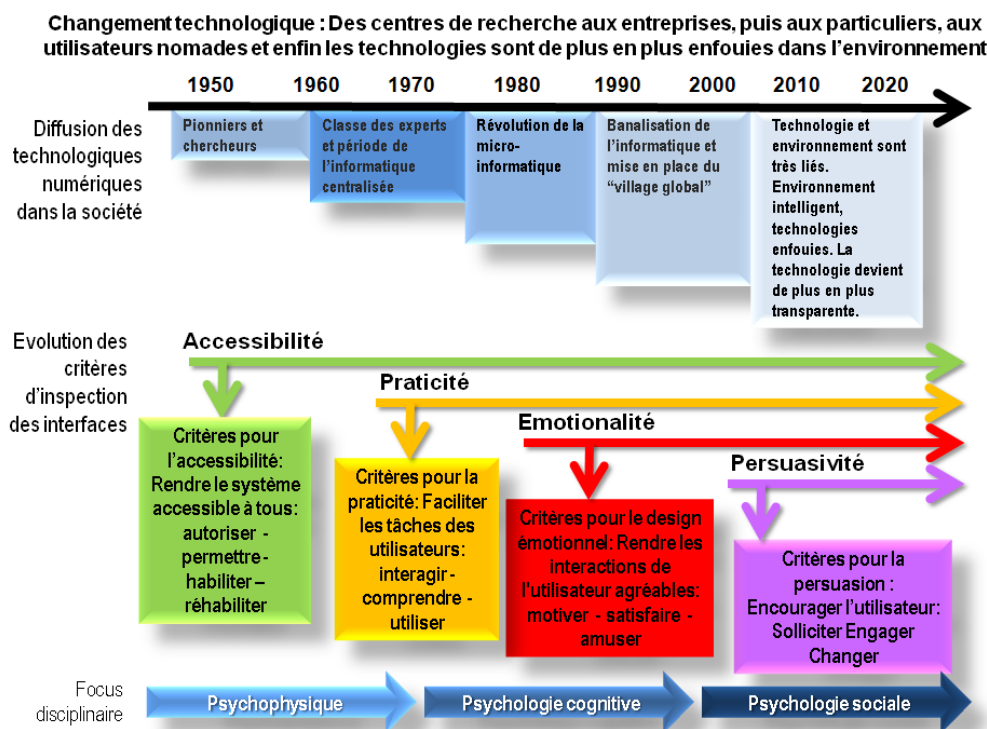


Figure 2.25 : Chronologie de l'évolution des critères d'inspection ergonomique d'interface associée à la diffusion des technologies numériques dans la société.

### 3.1.1 Les critères d'inspection ergonomique

Les sections suivantes présentent les critères de vérification associés à chaque approche de conception.

#### 3.1.1.1 Critères d'accessibilité

Selon Rocque (Rocque, Langevin, Chalghoumi, & Ghorayeb, 2011), « *l'accessibilité universelle est le caractère d'un produit, procédé, service, environnement ou de l'information qui, dans un but d'équité et dans une approche inclusive, permet à toute personne de réaliser des activités de façon autonome et d'obtenir des résultats équivalents* ».

Cette notion vise à améliorer l'accès des utilisateurs au système via l'interface et les caractéristiques matérielles et environnementales du système. Pour beaucoup, elle concerne l'accès par les populations à besoins spécifiques aux systèmes et services dédiés à tout le monde.

Les principaux critères de conception à prendre en compte via l'accessibilité concernent les facteurs biomécaniques ou psychophysiologiques favorisant la compatibilité entre le système (caractéristiques matérielles et logicielles) et le système humain (caractéristiques physiologiques et mentales). Dans le domaine d'un système Web, de nombreux critères ont été élaborés afin de donner des dispositifs de vérification à l'accessibilité. Parmi eux, nous retrouvons les critères :

- De perceptibilité des interfaces : présenter les interfaces dans un format toujours perceptible (grands caractères, braille, synthèse vocale, symboles ou langage simplifié) ;
- D'adaptation temporelle des formats et contenus : proposer des formats et contenus de remplacement aux médias temporels (vidéo, etc.) ;
- D'utilisabilité : les caractéristiques de l'interface doivent être utilisables et la navigation facilitée ;
- De compréhensibilité : les informations doivent être faciles à comprendre pour tous les utilisateurs ;
- De robustesse : le système et son contenu doivent résister aux sollicitations inattendues et être suffisamment fiables pour satisfaire tous les utilisateurs.

#### 3.1.1.2 Critères d'utilisabilité / praticité

L'utilisabilité d'un système consiste à simplifier les usages et garantir un haut niveau de performance humaine et technique en prenant en compte les tâches, les capacités cognitives et motrices des utilisateurs (Jordan, Thomas, Weerdmeester, & McClelland, 1996).

En d'autres termes, l'évaluation de l'utilisabilité d'un système comprend l'efficacité, l'efficience et la satisfaction (Normes ISO 9241-11, 1998), l'utilité à atteindre des buts (Tricot et al., 2003), la facilité d'utilisation et l'utilité perçue (Davis, 1989), la facilité d'apprentissage et de compréhension (Nielsen, 1994), l'acceptabilité (Nielsen, 1993), l'attractivité (Hartmann, Sutcliffe, & De Angeli, 2007; Norman & Panizzi, 2006), la présence de facilitateurs et l'absence d'obstacle (Rocque, Langevin, Drouin, & Faille, 1994; Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003).

Les critères associés, dont le détail est fourni en 3.2.1 (Bastien & Scapin, 1993), ont popularisé l'inspection heuristique (Brangier & Barcenilla, 2003; Nielsen, 1994) et mettent tous l'accent sur la nécessité d'évaluer la praticité de l'interaction.

Cependant, ils écartent de l'évaluation les aspects émotionnels liés aux plaisirs/déplaisirs que certaines interactions peuvent procurer.



### 3.1.1.3 Critères émotionnels

La relation entre l'utilisateur et le dispositif ne se limite pas qu'à l'utilisation d'un système, mais intègre aussi les dimensions affectives et motivationnelles.

L'objectif d'une conception basée sur les émotions est de combler les besoins utilisateurs parmi lesquels les critères d'utilisabilité sont inefficaces – à l'image du besoin de lien social ou d'une expérience hédonique – menant à des expériences positives. Plusieurs auteurs (de Vicente & Pain, 2002; Hassenzahl, 2004; Norman, 2012) ont travaillé sur ces sujets en mettant en avant plusieurs catégorisations des besoins utilisateurs, comme les formes d'attractivité ou les types de plaisirs. Des besoins non-fonctionnels mais nécessaires pour utiliser l'outil (Jordan & Servaes, 1995) peuvent donc être recherchés : esthétique, valeur sociale, prestige, besoins sociaux, accomplissement, apprentissage, expression de soi, beauté, expérience positive (Schau & Gilly, 2003).

Parmi les critères répondant à cette méthode de conception, on retrouve ainsi des critères évaluant le degré de contrôle, les challenges, le degré d'indépendance, la fantaisie, le sentiment d'efficacité personnel, la curiosité sensorielle et cognitive, le degré d'effort et le sentiment d'accomplissement.

### 3.1.1.4 Critères persuasifs

La persuasion interactive consiste à introduire des principes d'influence sociale dans les interactions avec les nouvelles technologies (Cialdini, 2004; Girandola, 2003). La technologie cherche ici à capturer l'attention de l'utilisateur, comme par exemple le garder en ligne le plus longtemps possible, le faire consommer, ou orienter son comportement pour le faire maigrir, arrêter de fumer ou faire davantage de sport. La modification des comportements devient une finalité de l'interaction avec le système (Lockton, Harrison, & Stanton, 2010).

Afin de concevoir et d'évaluer la qualité persuasive des interfaces, Nemery et Brangier ont développé et validé une grille de critères ergonomiques destinée à guider l'inspection d'interfaces à visée persuasive (Nemery & Brangier, 2014). Parmi ces critères nous retrouvons :

- La crédibilité : capacité explicite de l'interface à inspirer confiance ;
- La privacité : évaluer le sentiment de sécurité et de confidentialité tout en identifiant s'il y a bien le respect des données personnelles ;
- La personnalisation : identifier le caractère individuel de la relation avec l'utilisateur en adaptant l'interface ;
- L'attractivité : utiliser les éléments de surface pour capter l'attention et renforcer les messages ;
- La sollicitation : créer des suggestions qui vont amener l'utilisateur à faire librement ce qu'on attend de lui ;
- L'accompagnement initial : guider l'utilisateur dans les premières étapes d'interaction ;
- L'engagement : continuer d'impliquer l'utilisateur en augmentant l'intensité des demandes ;
- L'emprise : phase finale liée à l'engagement, il s'agit d'évaluer la forte influence du système et la dépendance de l'utilisateur.

Après un état des lieux de ces différentes approches de conception, nous remarquons que certains critères peuvent s'adresser à plusieurs approches (guidage) tout comme certains sont clairement exclusifs (engagement). Globalement, deux processus de construction des critères apparaissent :

- Tout d'abord, chaque approche, développée au fil des périodes, correspond à l'extension de la précédente, où les insuffisances d'accessibilité conduisent à l'utilisabilité, puis à

l'émotion, puis à la persuasion, etc. jusqu'à identifier les prochaines étapes qui pallieront le manque de critère des approches précédentes.

- Ensuite, chaque critère, même s'il appartient à plusieurs approches, a une notion bien spécifique suivant le cadre dans lequel il est appliqué. Par exemple, le concept de satisfaction de l'utilisateur se retrouve dans toutes les grilles, pourtant il est bien instancié en termes d'accessibilité, d'utilisabilité, etc. de sorte à avoir une signification propre, reflétant ainsi le contexte technologique de son époque.

En résumé, ces critères sont des nomenclatures de notions à frontières souples - adaptables d'une part, exclusifs d'autre part -.

### 3.1.2 De l'expérience utilisateur IHM à l'acceptabilité des technologies

#### 3.1.2.1 L'expérience utilisateur

De façon complémentaire, ces approches sur critères d'inspection s'inscrivent globalement autour de l'expérience utilisateur (User eXperience, UX). L'UX correspond au résultat d'une action motivée dans un certain contexte (Arhippainen & Tähti, 2003; Barcenilla & Bastien, 2009) et dépend de cinq catégories de facteurs : sociaux, culturels, ceux liés aux caractéristiques de l'utilisateur, ceux liés au contexte et ceux liés aux caractéristiques du produit. Il s'agit donc de la prise en compte de l'état psychologique de l'utilisateur (prédispositions, attentes, besoins, motivations, humeur, etc.), des caractéristiques du système (complexité, objectif, utilisabilité, fonctionnalité, etc.) et de l'environnement dans lequel ont lieu les interactions (Hassenzahl & Tractinsky, 2006).

Hassenzahl part alors du postulat que les individus perçoivent les produits interactifs selon deux dimensions (Hassenzahl, 2003) :

- D'une part, en termes de qualités pragmatiques, c'est-à-dire la façon dont le système manipule l'environnement. Cela nécessite des fonctionnalités pertinentes (utilité) et des moyens faciles d'accéder à ces fonctionnalités (utilisabilité). Un produit perçu comme ayant de bonnes qualités pragmatiques sera décrit comme structuré, clair, contrôlable, efficace, pratique, etc. Un produit pragmatique est principalement instrumental, c'est-à-dire qu'il soutient l'accomplissement de buts ou tâches à réaliser. Le focus ici est sur le produit (utilité, utilisabilité, réalisation des tâches). Par exemple : passer un appel, trouver un livre dans une librairie en ligne, commander un article, etc.
- D'autre part, en termes de qualités hédoniques (littéralement « lié au plaisir »), c'est-à-dire la façon dont le produit va impacter le bien-être psychologique de l'individu et procurer un certain plaisir d'utilisation. Un produit perçu comme ayant de bonnes qualités hédoniques sera décrit comme original, créatif, captivant (stimulation) ou encore présentable, professionnel, de bon goût, qui me rapproche des autres (identification). Ici, le focus est sur le soi (pourquoi on possède et on utilise un produit particulier). Par exemple, le sentiment de compétence, de relation avec les autres, etc.

L'auteur a ainsi élaboré un modèle qui sert désormais de référence dans le domaine de la recherche en UX (Figure 2.26). Il y décrit deux perspectives complémentaires : celle du concepteur (designer perspective) et celle de l'utilisateur (user perspective).

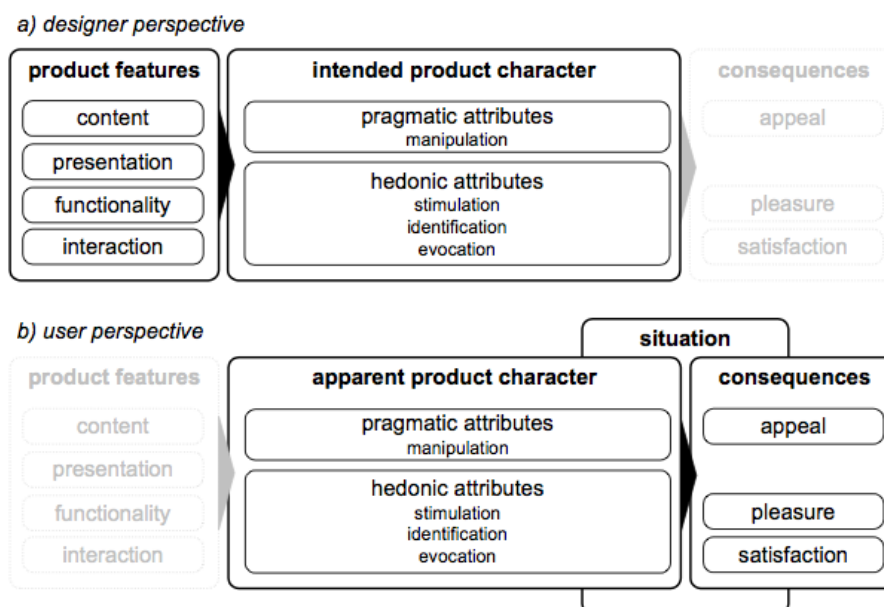


Figure 2.26 : Modèle UX de Hassenzhal (2003).

Dans ce modèle, le concepteur choisit certaines caractéristiques (contenu, présentation, fonctionnalités, modalités d'interaction) pour donner au produit / système un caractère particulier visé comme être nouveau, intéressant, utile, etc. (*intended product character*). Cependant ce caractère est subjectif car il traduit seulement une intention du concepteur, qui ne sera pas forcément perçue et appréciée par l'utilisateur final de la même façon. C'est pourquoi il faut que les caractéristiques choisies pour le produit correspondent avec le caractère souhaité.

Les utilisateurs qui vont entrer en contact avec le produit vont alors très vite s'en construire une vision personnelle basée sur les caractéristiques qui seront perçues (*apparent product character*). Cette vision découle donc de la combinaison entre les caractéristiques du produit apparentes et les attentes de chaque utilisateur, qui peuvent être variables entre chacun mais également au fil du temps. Ainsi, un produit qui paraissait nouveau et stimulant au début de son usage peut perdre avec le temps son caractère nouveau et sa capacité à stimuler l'utilisateur. Il consiste en un groupe d'attributs pragmatiques et hédoniques.

Le caractère apparent du produit et son adaptation à la situation (qui varie en fonction des attentes inter- et intra-individuelles) vont alors provoquer chez l'utilisateur un jugement sur l'attrait du produit (*product's appeal*), des conséquences émotionnelles (comme par exemple le plaisir ou la satisfaction) et des conséquences comportementales (par exemple, l'augmentation de l'usage du produit).

Nous venons de décrire les deux dimensions définissant un produit interactif qui peuvent être perçues par un individu. Plus finement, les individus peuvent également percevoir les liens plus au moins forts des attributs associés à ces dimensions pragmatiques et hédoniques. Les combinaisons entre ces deux types de qualités permettent ainsi de définir les objectifs des utilisateurs lors de la conception d'un outil interactif.

La combinaison entre des attributs pragmatiques faibles et attributs hédoniques faibles est tout simplement non désirée. Ce caractère de produit implique que le produit n'est capable de satisfaire ni les besoins pragmatiques des utilisateurs, ni leurs besoins hédoniques. Un outil interactif issu de cette combinaison serait qualifié de « superflu » (*superfluous*).

A l'inverse, une combinaison entre des attributs pragmatiques forts et des attributs hédoniques forts désigne le produit désiré (*desired*), le but ultime d'une bonne conception.

Mais le plus souvent, les deux groupes d'attributs ne seront pas équilibrés. Hassenzahl va ainsi désigner un produit principalement pragmatique (*task-oriented*) issu d'une relation pragmatique forte et hédonique faible, et un produit principalement hédonique (*self-oriented*) issu d'une relation pragmatique faible et hédonique forte.

Un produit *task-oriented* est inévitablement lié aux objectifs / tâches de l'utilisateur. Ces objectifs varient, ils peuvent être prescrits par des personnes externes ou générés par l'individu lui-même. Leur importance sera perçue comme variable par l'utilisateur et l'attrait d'un tel produit dépendra fortement du statut de l'objectif à atteindre (application métier par exemple).

A l'inverse, un produit *self-oriented* est lié à l'utilisateur lui-même, son identité, ses idéaux, ses souvenirs, ses relations. L'appréciation de ce type de produit est beaucoup plus stable et le lien avec l'utilisateur est beaucoup plus fort qu'avec un produit *task-oriented* (par exemple un jeu vidéo).

Pour mesurer les attributs pragmatiques et hédoniques perçus des produits, Hassenzahl et son équipe ont ainsi développé le questionnaire AttrakDiff, qui a été traduit et validé en français récemment (Lallemand, Koenig, Gronier, & Martin, 2015). Pour chaque outil interactif développé, l'évaluation via l'AttrakDiff permet ainsi de vérifier si l'outil répond bien aux objectifs initiaux (Figure 2.27).

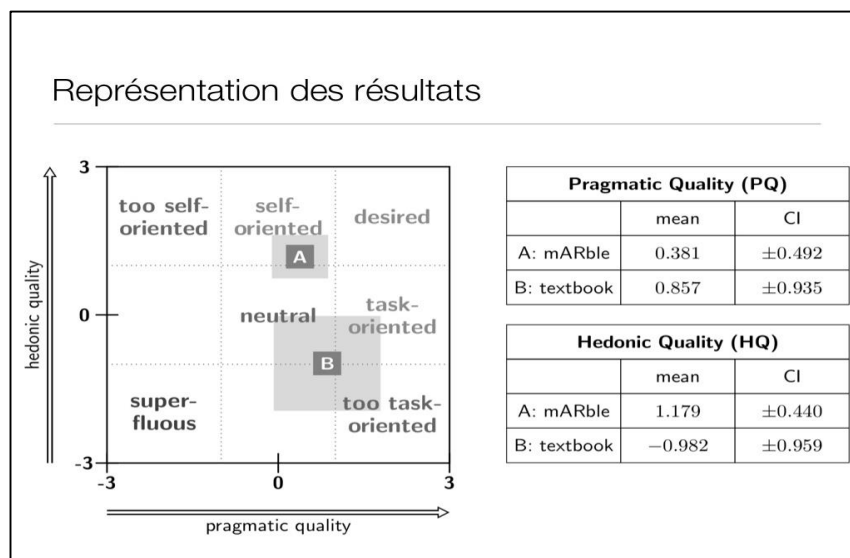


Figure 2.27 : Résultat des comparaisons entre deux systèmes interactifs (A : mARble et B : textbook) via le questionnaire AttrakDiff, évaluant leurs composantes hédoniques et pragmatiques. Ici, on s'aperçoit que l'application « mARble » est plutôt hédonique, alors que l'application « textbook » est plutôt pragmatique.

Pour mettre en lien les critères d'inspection ergonomique, l'UX s'articule ainsi autour d'une expérience fonctionnelle (dimension pragmatique) mais également autour d'une expérience liée au vécu (dimension hédonique), schématisées dans la figure ci-dessous. Dans la première, l'interaction est finalisée dans un but purement utilitaire. L'interface utilisateur est vue comme un moyen pour l'humain de maîtriser la technique et les fonctions afférentes à sa mise en œuvre. On retrouve ici les critères d'accessibilité et d'utilisabilité. La seconde correspond à la recherche accrue d'émotions et de sensations mémorables où l'on va interagir autant pour le décor et l'ambiance que pour le produit ou le service (jeu vidéo, sites web des marques de luxe, etc.). L'interface utilisateur est vue comme un moyen pour l'humain de développer une relation unique entre lui et le produit interactif, qui peut devenir une marque, au sens commercial du terme. On retrouve ici les critères d'émotion et de persuasion.

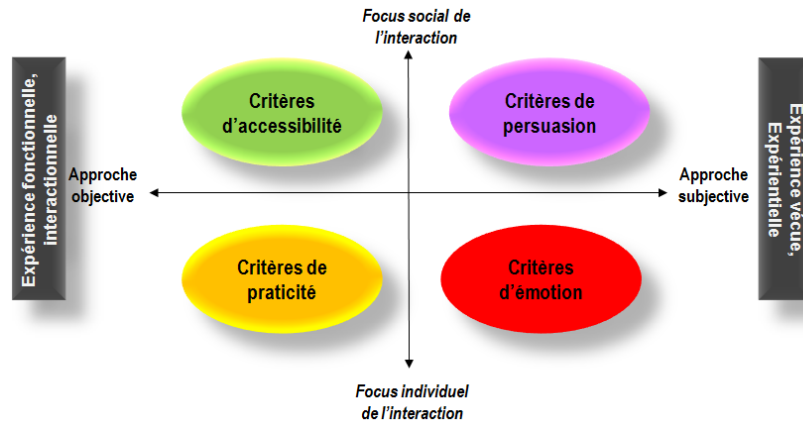


Figure 2.28 : Positionnement des critères d'inspection ergonomique selon les approches fonctionnelles et objectives vs. expérientielles et subjectives.

En conclusion, l'évolution des critères s'apparente non seulement aux dimensions temporelles, mais également aux dimensions de l'expérience utilisateur, avec une évolution des expériences fonctionnelles vers l'expérientiel.

### 3.1.2.2 Acceptabilité

Nous avons vu précédemment qu'une expérience utilisateur fonctionnelle incluait les critères d'accessibilité et d'utilisabilité. Parce qu'une technologie, même si elle est fonctionnelle, ne sera pas utilisée si elle n'est pas *perçue* comme telle, la notion d'acceptabilité a été définie comme étant « le degré avec lequel l'utilisateur perçoit l'utilité et la facilité d'utilisation d'une technologie » (Davis, 1989). Dillon et Morris eux, ont élaboré le modèle 3P (*Power, Perception & Performance*), qui met en exergue les dimensions de praticité effective, utilité effective et le perçu afin qu'un système soit accepté par l'utilisateur (Dillon & Morris, 1999).

Différents modèles explicatifs, issus des théories de la communication, ont été proposés pour rendre compte des processus d'acceptation des technologies. Les deux modèles les plus utilisés sont le Modèle d'Acceptation des Technologies (Technology Acceptance Model-TAM) (Davis, 1986; Davis, Bagozzi, & Warshaw, 1989) et la Théorie Unifiée de l'Acceptabilité et de l'Usage d'une Technologie (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology – UTAUT) (Venkatesh et al., 2003, 2012).

Le TAM, largement utilisé dans la littérature, a été élaboré afin de prédire et d'expliquer les comportements des utilisateurs en situation d'usage face aux technologies de l'information dans un contexte professionnel (Davis et al., 1989). Basé sur le modèle de l'action raisonnée (*Theory of Reasoned Action* - cf. 1.4.2., chapitre 2) (Fishbein & Ajzen, 1975), le TAM a comme postulat qu'un utilisateur a l'intention d'utiliser une technologie en se basant sur deux dimensions : d'une part, en percevant son utilité (« degré auquel une personne croit que l'utilisation d'un système spécifique va améliorer son rendement au travail »), d'autre part en percevant sa facilité d'utilisation (« degré auquel une personne croit que l'utilisation d'un système spécifique se fera sans effort ») (Davis, 1989). Par conséquent, il sera peu probable qu'un individu utilise une technologie jugée inutile et difficile d'utilisation. Cette dernière composante est notamment influencée par le Sentiment d'Efficacité Personnelle de l'individu (SEP - cf. 1.4.5., chapitre 2) (Bandura, 1993). Le SEP va en effet déterminer les attitudes que l'utilisateur va avoir sur la technologie : plus un système est perçu comme facile à utiliser, plus le SEP est important, ce qui va impacter positivement la motivation à utiliser l'outil et le maintien de l'effort, illustrant un lien direct avec l'attitude. De même, si un système est perçu

facile d'utilisation, il va permettre d'accomplir davantage de tâches avec un effort équivalent, entraînant un effet direct sur la perception de l'utilité du système. Différentes variables impactent le SEP, telles que les différences individuelles (personnalité, variables démographiques, processus cognitifs), les caractéristiques du système, l'influence sociale et les conditions facilitatrices (soutien disponible, formation, aides humaines) (Venkatesh & Bala, 2008).

Malgré la robustesse et le pouvoir du modèle pour prédire l'adoption et l'utilisation des technologies de l'information, différentes limites ont toutefois pu être identifiées, comme les mesures d'utilisation majoritairement subjectives et le manque d'études longitudinales (Venkatesh & Bala, 2008). Par ailleurs, les études utilisant le modèle ne sont pas forcément généralisables à des professionnels ou des utilisateurs de la population générale, car la majorité s'est déroulée auprès d'étudiants, sans tenir compte d'autres types d'utilisation et d'utilisateurs, ni du niveau d'expérience (Lee, Kozar, & Larsen, 2003). Enfin, l'approche techno-centrée du modèle peut rendre la notion d'acceptabilité, véhiculée par le TAM, comme étant réductrice (Février, Gauducheau, Jamet, Rouxel, & Salembier, 2011).

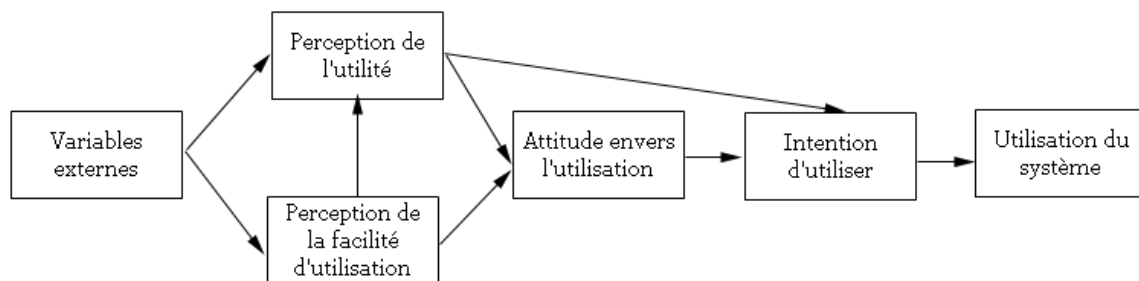


Figure 2.29 : Modèle TAM (Davis et al., 1989).

L'UTAUT lui, a été proposé suite à une revue de la littérature s'intéressant aux modèles de l'acceptabilité des technologies de l'information (Venkatesh et al., 2003). Ce modèle, qui unifie ses prédécesseurs, intègre les facteurs contextuels susceptibles de faciliter ou d'entraver l'adoption d'une technologie. Il met ainsi en avant trois facteurs directs qui influencent l'intention d'usage (les attentes concernant la performance, l'effort anticipé, l'influence sociale) et deux facteurs directs du comportement final d'utilisation (l'intention et les conditions facilitatrices). Les performances attendues font référence à la croyance d'un individu concernant le fait que l'utilisation d'un système va lui permettre d'améliorer sa performance dans son travail (utilité perçue dans le TAM). Ce concept est le meilleur prédicteur de l'intention d'utilisation. L'effort anticipé désigne le degré de facilité que la personne associe à l'utilisation d'un système donné (facilité d'utilisation perçue dans le TAM). L'effet de ce dernier sur l'acceptabilité de la technologie serait significatif seulement dans les premiers temps de l'utilisation, et est amené à décroître avec l'expérience (devient trop facile, entraînant une redondance et de l'ennui). L'influence sociale désigne le degré auquel un individu perçoit que son entourage pense qu'il devrait ou non utiliser un système donné. Enfin, les conditions facilitatrices font référence au degré de soutien à l'utilisation du système qui est perçu par l'individu comme disponible en cas de besoin dans son environnement. Ces conditions facilitatrices dépendent en majeure partie de l'âge et du niveau d'expérience avec la technologie. Enfin, l'intention est conditionnée selon quatre variables (qui n'étaient pas prise en compte dans le TAM) : sexe, âge, expérience avec la technologie et utilisation volontaire ou non. La prise en compte de ces deux dernières variables permet de comprendre que la performance espérée et l'effort attendu puissent en fait devenir non significatifs dans le cas d'un usage soutenu.

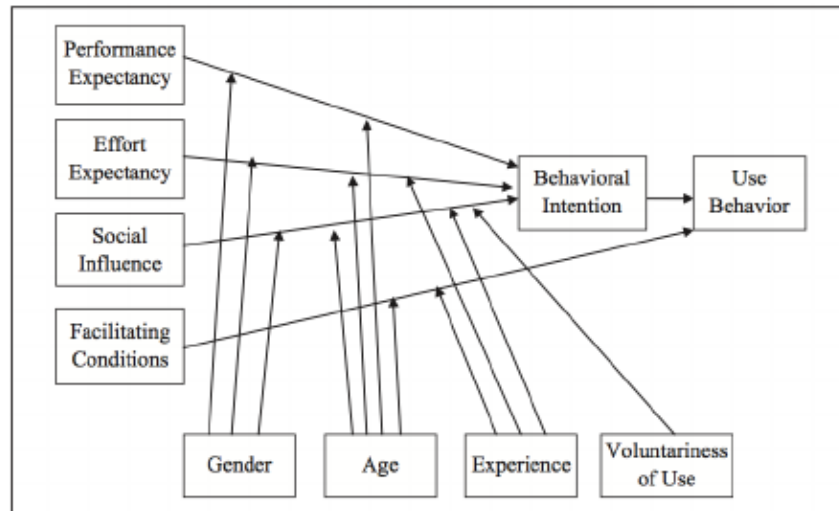


Figure 2.30 : Modèle d'acceptabilité UTAUT (Venkatesh et al., 2003).

En 2012, les auteurs ont amélioré le modèle UTAUT, appelé UTAUT – 2 (Figure 2.31) en lui ajoutant trois composantes (valeur de l'outil, motivation hédonique (ou intrinsèque) et habitudes) pour les raisons suivantes. Dans le premier modèle, l'accent est mis sur la valeur utilitaire du système pour provoquer une intention, associée alors à une motivation extrinsèque d'utilisation. Le modèle UTAUT – 2 complète cette perspective en y ajoutant la composante de motivation intrinsèque (Vallerand, 1997) comme prédicteur de l'intention comportementale à utiliser une technologie. La motivation intrinsèque est définie comme le plaisir et la satisfaction découlant de l'utilisation d'une technologie. Elle est considérée comme étant prédicteur du comportement de l'utilisateur (Holbrook & Hirschman, 1982) et joue un rôle déterminant dans l'acceptabilité et l'utilisation d'une technologie (Brown & Venkatesh, 2005). Concernant l'effort anticipé, la valeur du produit est également un facteur clé dans le contexte d'utilisation des technologies pour le grand public car, contrairement aux technologies en milieu professionnel (sur lesquelles se basent le modèle UTAUT), les utilisateurs/consommateurs doivent supporter les coûts associés à l'achat de ces outils et services. De nombreuses recherches ont ainsi confirmé que le comportement des utilisateurs à utiliser une technologie était lié au coût (Dodds, Monroe, & Grewal, 1991). En ajoutant cette composante de valeur, celle-ci aura un impact positif sur l'intention lorsque les avantages de l'utilisation d'une technologie seront perçus comme supérieurs au coût monétaires associés. Enfin, dans un cadre d'usage, la composante des habitudes a été ajoutée car elles se sont révélées être un facteur clé pour prédire l'utilisation d'une technologie (Kim & Malhotra, 2005; Kim, Malhotra, & Narasimhan, 2005; Limayem, Hirt, & Cheung, 2007). Différent de l'expérience, qui renvoie à la notion temporelle de l'utilisation initiale de l'outil, les habitudes sont définies comme le degré auquel les individus effectuent des comportements automatiques dû à un apprentissage (Limayem et al., 2007). L'expérience est une condition nécessaire mais non suffisante pour la formation d'une habitude, et inversement, l'expérience résulte d'une formation de plusieurs niveaux d'habitudes qui dépendent de la force d'interaction et de la familiarité que l'utilisateur développe avec la technologie.

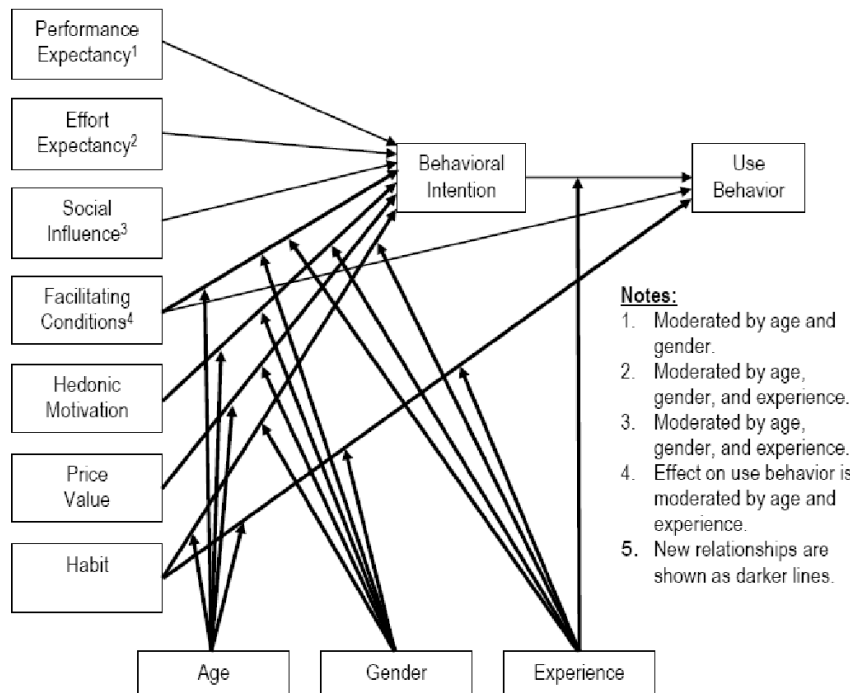


Figure 2.31 : Modèle d'acceptabilité UTAUT – 2 (Venkatesh et al., 2012).

Dans le cadre de l'acceptabilité d'une technologie, le modèle explicatif UTAUT – 2 semble être le plus adapté pour prédire un comportement qui va utiliser une technologie, notamment parce qu'il intègre des facteurs contextuels et de motivation intrinsèque.

Après avoir détaillé les critères ergonomiques d'inspection d'une interface, ainsi que les modèles explicatifs et prédictifs de l'expérience utilisateur et de l'acceptabilité d'une technologie par l'utilisateur, la section suivante présente les différents types de méthodes de conception qui existent selon la finalité du système créé.

### 3.2 Les méthodes de conception centrée utilisateur

Bien qu'il existe de nombreuses méthodes de conception centrée utilisateur (CCU) selon l'objectif d'un produit, d'un service ou d'un dispositif numérique, nous nous sommes concentrés sur les travaux de Rahimi et Ibarra (Rahimi & Ibarra, 2014) qui ont relaté les méthodes existantes utilisées dans la conception de technologies numériques pour la santé : les méthodes Leader, Ethnographiques, Empathiques, Participatives, Contextuelles.

*Leader.* Cette méthode, principalement utilisée dans l'industrie (Von Hippel, 1986), inclut des participants dont les besoins actuels se généraliseront sur le marché dans les mois voire les années à venir (« senteurs de tendances » d'un domaine donné). Ces utilisateurs sont les personnes susceptibles d'être primo-adopteurs d'un outil numérique conçu, ils servent alors de « laboratoire humain » pour la recherche en marketing sur les besoins prévisionnels.

Cette méthode est avantageuse pour capturer les nouvelles tendances rapidement, cependant ces participants ne sont pas forcément représentatifs des utilisateurs finaux.

*Ethnographiques.* Les méthodes de conception ethnographiques intègrent dans le processus un petit nombre d'experts et de spécialistes qui observent quelques utilisateurs cible



pour extraire les éléments culturels et contextuels à considérer pour le marché d'utilisateurs finaux (Rosenthal & Capper, 2006).

Cette méthode bénéficie ainsi d'observations qualitatives détaillées et d'objectivation de besoins réels. Cependant, les experts doivent être issus de formation spécifique en ergonomie pour réaliser un tel travail, ce qui n'est majoritairement pas le cas. De plus, les analyses de besoins relevées privilégient en général le côté social plutôt que les besoins individuels, biaisant ainsi la conception du dispositif qui en découlera.

*Empathiques.* Les participants à cette méthode de conception correspondent à un panel de type clients et futurs utilisateurs. Plus écologique que les précédentes, leur démarche consiste en plusieurs étapes (Leonard & Rayport, 1997) :

- 1) Spécifier un groupe de clients, non clients, utilisateurs finaux, etc. pour l'étude ;
- 2) Sélectionner un groupe d'observateurs constitué de divers ensembles d'expertise dans différentes disciplines ;
- 3) Observer les usages en condition réelle (ou similaire) ;
- 4) Recueillir les données observées ;
- 5) Analyser les données pour identifier tous les besoins potentiels des clients ;
- 6) Réfléchir à l'analyse pour transformer l'observation en solutions d'identification ;
- 7) Développer des prototypes de solutions potentielles et les utiliser pour clarifier le concept et stimuler la réaction et la communication avec les clients potentiels.

Outre la non-nécessité d'une formation spécifique, cette méthode permet de recueillir des observations qualitatives détaillées (situation naturelle, brainstorming, etc.) et une analyse de l'expérience utilisateur plus adaptée et pertinente (utilisabilité, plaisir, influence sociale, etc) en additionnant les observations subjectives et objectives. Cependant, cette méthode est lente et privilégie les analyses subjectives du fait de la durée de l'étude qui doit être raccourcie dans les étapes finales. De plus, cela requiert l'intégrité cognitive des utilisateurs qui participent à toutes les étapes de conception sans expertise pour les soutenir.

*Participatives.* Dans une volonté de pallier les limites relevées dans les deux méthodes précédentes, la conception participative inclut, comme son nom l'indique, toutes les parties prenantes dans les différentes étapes de conception, allant des designers, experts, clients aux futurs utilisateurs (Kensing & Blomberg, 1998).

Cette méthode a pour postulat que les compétences et les expériences des utilisateurs doivent être présentes dans la conception des produits. Au cours de l'exploration initiale et de la définition du problème, les utilisateurs qui participent à cette co-construction aident à définir le problème et à cerner les idées sur la solution, et pendant le développement, aident à évaluer les solutions proposées et les prototypes qui en découlent. Les principales parties prenantes sont alors invitées à partager leurs expériences et les difficultés rencontrées sur des domaines spécifiques, afin de concevoir des idées et des actions pour y remédier.

Ce type de conception centrée utilisateur a comme avantage d'intégrer au produit / à l'outil les expériences de chacun, ce qui permet de détecter de façon fiable les besoins réels (mesures objectives et subjectives). Même si les utilisateurs sont guidés et assistés par les experts, leurs démarches nécessitent cependant une sollicitation cognitive constante avec le risque d'une approche trop socio-déterminée.

*Contextuelles.* L'approche de conception contextuelle est similaire à celle ethnographique dans la démarche, mais ne nécessite pas de tests utilisateurs étendus. Les participants sont constitués de quelques professionnels de l'activité métier ciblée qui sont interviewés individuellement (Wixon, Holtzblatt, & Knox, 1990). Tout comme l'approche ethnographique, les concepteurs n'ont pas besoin d'avoir de formation spécifique pour s'entretenir avec les

participants. Cette méthode permet de se concentrer sur l'environnement de travail et sur les pratiques métier. Cependant, toutes les données sont de nature subjective et les démarches d'entretiens individuels restent coûteuses en temps et en énergie, avec le risque d'obtenir un biais de conception centrée concepteur.

Pour résumer, le tableau ci-dessous retrace les principaux traits ciblés par les différentes méthodes de conception selon l'objectif finalisant l'outil à développer. Il apparaît clairement que dans le cadre d'un développement d'un outil numérique pour la santé, la méthode de conception participative est la plus complète pour répondre au mieux aux besoins des futurs utilisateurs. Cette méthode de conception est détaillée dans la section suivante.

Méthode \ Objectif	Leader	Ethno.	Empath.	Participatif	Context.
Diversité Utilisateurs		XX	X	XX	X
Préférences			XX	XX	X
Utilisabilité				XX	XX
Comportements			XX	X	X
Environnement social		XX			
Environnement organisationnel				XX	XX
Innovation technique	XX				

Figure 2.32 : Récapitulatif des méthodes de conception centrée utilisateur selon les objectifs de développement.

## 3.1 Méthode de Conception Participative (CP)

### 3.1.1 Fondements

La Conception Participative (CP) correspond à un processus de conception de systèmes interactifs qui implique les utilisateurs dans l'ensemble du processus de développement (David, 2010; Kortbeek, s. d.; Newell & Gregor, 2000). Il s'agit d'une approche issue des Conceptions Centrées Utilisateurs (CCU), démarche clé dans le cadre d'une Interface Homme-Machine ergonomique (Pilemalm & Timpka, 2008). Souvent rejetée dans le milieu industriel car trop coûteuse, cette tendance s'inverse (Kortbeek, s. d.) car les technologies déployées sont généralement abandonnées, pour la simple et bonne raison qu'elles ne sont pas adaptées aux usages réels et situés. La grande majorité de temps, un UX designer endosse le rôle de chef de conception en mettant en place les critères ergonomiques qui doivent être respectés et selon son expérience des interfaces pertinentes à mettre en place en fonction du besoin relevé. Ayant déjà montré son efficacité dans le développement des Interactions Homme-Machine (IHM) (Muller & Kuhn, 1993; Spinuzzi, 2005), l'avantage d'impliquer les utilisateurs en amont, dès la conception et tout le long du processus, ajoute une légitimité dans la démarche centrée utilisateur, car elle est conçue *par* et *pour* les utilisateurs, optimisant ainsi l'adaptation des outils en fonction des usages que les futurs utilisateurs en feront. Plus spécifiquement, la CP examine l'aspect invisible et tacite de l'activité humaine, qui peut être étudiée non seulement à travers des collaborations dans le process de conception avec les participants, mais aussi via des partenariats dans lesquels les chercheurs, les concepteurs et les participants créent de façon coopérative les usages et les environnements de travail et ce, de façon itérative pour affiner la compréhension de chacun sur les situations d'usage (Spinuzzi, 2005).

Historiquement, la Conception Participative (en anglais *Participatory Design*) est une méthodologie de conception qui a pris forme dans la Scandinavie du début des années 1970, et qui correspond aux efforts fournis par les syndicats pour démocratiser les lieux de travail. Les designers et les syndicats ont ainsi travaillé ensemble dans les prises de décision et la mise en place des nouveaux systèmes informatiques liés aux technologies dans les lieux de travail. Le but de ces premières démarches de CP était donc de fournir aux employés des systèmes qui les aideraient dans leur travail quotidien en exploitant pleinement leurs compétences et expériences, tout en automatisant la partie de leur travail la plus fastidieuse (Kortbeek, s. d.; Muller & Kuhn, 1993).

Depuis, la démarche de conception participative s'est étendue peu à peu dans le cadre de la santé, allant des systèmes d'information (Pilemalm & Timpka, 2008; Salman, Kim, Karahoca, & Cheng, 2007; Sjöberg & Timpka, 1998) aux applications mobiles pour la prévention sanitaire des populations rurales (da Silva et al., 2014), en passant par le développement de dossiers médicaux électroniques mobiles (De Croon, Klerkx, & Duval, 2014).

Il existe un grand nombre de méthodes et d'outils pour mettre en œuvre une CP, similaires aux démarches centrées utilisateurs (e.g. norme ISO 13407 « Processus de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs »). Spinuzzi a proposé notamment une méthodologie dans cette approche de CP (Spinuzzi, 2005). Il est, entre autres, indispensable de réaliser une « *participation active des utilisateurs* » dans toutes les phases de processus qui comprennent :

- Analyse des besoins et d'activités des utilisateurs (observation des utilisateurs, interviews, étude de documents disponibles) ;
- Production d'idées (brainstorming) ;
- Conception et prototypage (maquettes interactives, vidéos ou papiers, *story boards*) ;
- Evaluation des conceptions par rapport aux exigences (tests utilisateurs, simulations).

Le cycle de conception participative commence avec l'analyse des besoins et des activités des utilisateurs. La norme ISO-16982 (« Méthodes d'utilisabilité pour la conception centrée sur l'opérateur humain ») propose par exemple, des méthodes d'observation des utilisateurs, des questionnaires, des interviews, ou encore l'étude des documents disponibles.

### 3.1.2 Les étapes de la CP

La CP est une méthodologie qui met les utilisateurs finaux au cœur des processus de création de nouveaux produits et applications, car elle prend en compte les caractéristiques, les limites et les besoins des utilisateurs pour concevoir des produits utiles et utilisables dans un cadre d'utilisation donné. Durant le processus de conception, quatre grandes étapes sont en général mises en place : il s'agit de l'analyse des besoins, la conception, le suivi, et l'évaluation (Valentin, Lancry, & Lemarchand, 2010), qui possèdent chacune des outils méthodologiques que l'on peut adapter selon le produit à développer (Daumal, 2012).

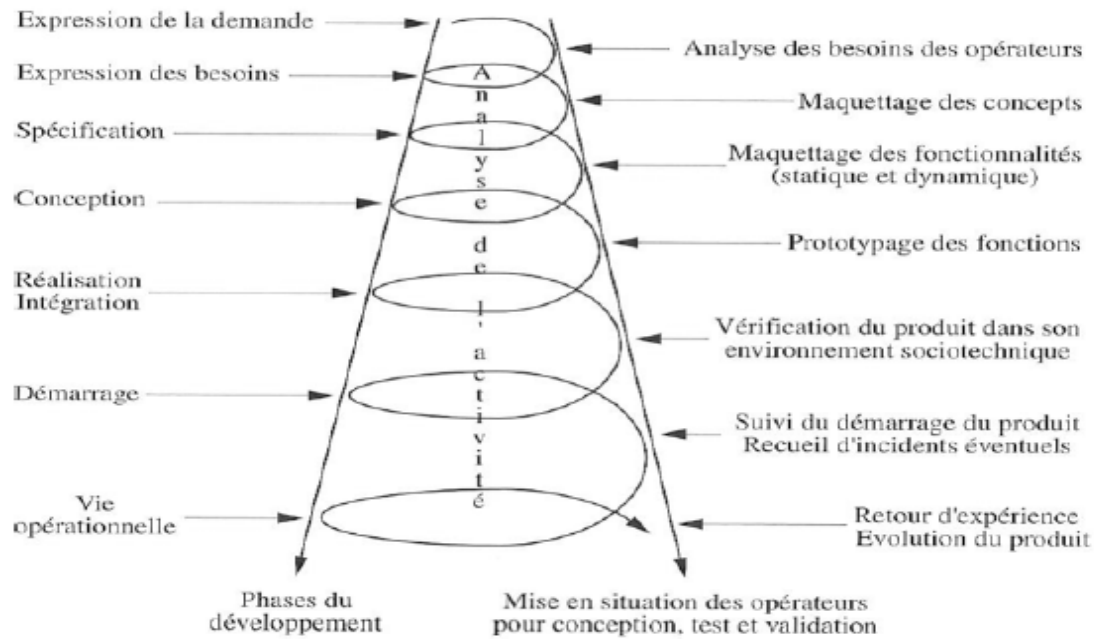


Figure 2.33 : L'ergonomie dans le cycle de conception (Valentin et al., 2010).

*Analyse des besoins.* Avant la phase de conception, cette première étape permet d'identifier les besoins des futurs utilisateurs. Sa réalisation est primordiale car elle permet de dresser les idées d'application à mettre en place afin de pallier ces besoins. Les UX designers peuvent réaliser des enregistrements indirects de l'activité comme les entretiens, les enquêtes d'usage ou encore les analyses de logs, ce qui permet de formaliser les besoins exprimés. Cependant, les analyses de terrain, qui correspondent en général à des observations ou des analyses de tâches, sont tout aussi utiles et complémentaires car elles mettent en exergue des besoins tacites, non exprimés voire même non assimilés.

*Conception.* Cette phase de prototypage permet d'inclure les utilisateurs dans la conception de leurs futures applications afin d'optimiser l'utilisabilité du produit final et pour que l'application réponde aux besoins de chacun. Les concepteurs peuvent en effet agencer et mettre en forme les fonctionnalités qui répondent aux besoins relevés dans l'étape précédente et ce, en partenariat avec les utilisateurs. Par exemple, le tri par cartes est un outil qui sert à définir avec les utilisateurs la structure détaillée de la future application, car il consiste à demander aux utilisateurs de regrouper des fonctionnalités préalablement identifiées et de nommer les ensembles constitués (Wood & Wood, 2008). Plus communément utilisé, les *focus group* ou *brainstorming* ont l'avantage de rassembler les différentes parties prenantes d'un projet lors des ateliers de conception et de les faire échanger afin qu'elles valident unilatéralement les fonctionnalités à mettre en place. De façon itérative, ces ateliers peuvent déboucher sur des maquettes de prototypage papier ou fonctionnelles qui permettront le déploiement du futur produit.

*Suivi.* Sitôt le déploiement de l'outil effectué, le suivi permet de recueillir les premières appréciations lors de son utilisation et ce, grâce à des enquêtes d'usage, ou à l'analyse d'activité via l'enregistrement en ligne.

*Test utilisateurs.* Dernière phase du processus de conception centrée utilisateur, l'évaluation permet de vérifier si le prototype est validé en récupérant les impressions des utilisateurs, ou s'il faut réitérer les différentes phases de conception associés au besoin en fonction des retours obtenus. Pour cela, les verbatims, qui sont la retranscription exacte des

propos exprimés par l'utilisateur, fournissent une base qualitative qui est très simple à analyser. Plus complets, les tests utilisateurs sont mis en place via des scénarios de tâche d'utilisation de l'outil créé (en général représentatifs de l'utilisation usuelle), et l'utilisateur doit alors manipuler ce dernier, analysé en direct par le concepteur. Ce type de session permet également de récupérer des données quantitatives telles que le temps de réalisation d'une tâche ou le nombre d'erreurs.

## 3.2 Evaluation de la CP : critères fonctionnels et hédoniques

Comme nous l'avons vu précédemment, un système technologique va être évalué selon ses aspects fonctionnels (via des critères d'accessibilité et d'utilisabilité) ainsi que sur ses aspects hédoniques (via des critères d'émotionnalité et de persuasivité). Dans le cadre de la CP d'un serious game pour les enfants atteints d'une maladie chronique, les sections suivantes détaillent deux angles d'attaque qui vont évaluer :

- D'une part, la dimension fonctionnelle et pragmatique du système avec les critères ergonomiques de Bastien et Scapin (1993) ;
- D'autre part, la dimension hédonique, liée à la motivation intrinsèque et au vécu avec la prise en compte des mécaniques de gamification dans un système technologique à visée ludo-éducative.

### 3.2.1 Critères ergonomiques de Bastien et Scapin (1993)

Dans le cadre d'une conception d'interface centrée utilisateur, il existe de nombreux outils pour juger de l'utilité et de l'utilisabilité d'un système informatique comme des normes, recommandations et check-lists. Ce type d'outil est important dans le sens où il peut être formel, réutilisable et permet d'avoir toujours la même base et passe en revue tous les artefacts potentiels d'une interface informatique. Face à la multitude des recommandations existantes, Christian Bastien et Dominique Scapin ont procédé à la synthèse d'environ 900 recommandations dans le domaine de l'ergonomie informatique au sens large. Leur travail a abouti à une liste de 18 critères répartis en 8 dimensions (Bastien & Scapin, 1993). Les auteurs se sont assurés que le fait de disposer de la liste de ces critères augmentait les performances d'évaluation d'une interface et entraînait la détection d'un plus grand nombre de problèmes de conception que l'utilisation de la norme ISO 9241-10 (« Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs ») ou qu'une évaluation libre. Dans le cadre de la conception d'un système que l'on souhaite ergonomique, ces critères doivent être pris en compte lors de l'évaluation de l'outil, même s'ils ne sont pas tous appliqués en amont.

*Guidage.* Il correspond à la façon dont le système prend en charge l'utilisateur. En effet ce dernier doit comprendre ce qu'il peut faire et comment il peut le faire, il doit donc être guidé de façon efficace. Cette partie comprend le sous-critère d'incitation (faire connaître à l'utilisateur le contexte où il se trouve et les actions possibles), le groupement ou distinction d'items (par la localisation au sein d'une même interface ou par le format), le feedback immédiat (réaction du système suite à une action de l'utilisateur pour vérifier son efficacité), et la lisibilité des informations qui doivent être compréhensibles selon le support utilisé.

*Charge de travail.* Elle correspond à la perception et à la mémorisation des informations et doit être allégée et supportée au maximum par le système. Pour cela, les sous-critères de brièveté (concision de l'information, actions minimales à réaliser pour parvenir à un but) et de

densité informationnelle (limiter le nombre d'information présenté en même temps) doivent être intégrés à la conception.

*Contrôle explicite.* Cette partie est composée de deux sous critères : les actions explicites, mettant en évidence que toute action réalisée par le système doit correspondre à une demande explicite de l'utilisateur en amont, et le contrôle de l'utilisateur, où ce dernier doit pouvoir soit annuler une action préalablement demandée, soit revenir à une étape antérieure d'une action.

*Adaptabilité.* Un système est adaptable lorsqu'il est flexible (personnaliser l'interface en fonction des besoins de l'utilisateur) et que l'expérience de l'utilisateur est prise en compte (fournir au novice une aide et à l'expert des raccourcis).

*Gestion des erreurs.* Il s'agit d'une des notions les plus importantes à prendre en compte pour qu'un système soit utilisable, car il doit permettre de pallier les erreurs que feront les utilisateurs au sein du système. Pour cela, le système doit être conçu pour empêcher l'utilisateur de faire des erreurs (détection, confirmation en cas d'action irréversible, etc.), faire des messages d'erreur compréhensibles (informer de la raison de l'erreur, sa nature et les éventuelles corrections possibles) et identifier précisément l'erreur survenue (mettre en valeur et proposer de modifier ce qui est erroné).

*Homogénéité / Cohérence.* Un système homogène et cohérent est un système dont les choix des éléments doivent être respectés au sein de l'ensemble du système (au niveau visuel, appellation, réactions, procédures, etc.). De la même façon, il faut éviter toute ambiguïté entre deux éléments.

*Signification des codes et dénominations.* Dans une interface, les messages que le système fournit à l'utilisateur doivent être compréhensibles selon la pertinence de l'information et la culture de l'utilisateur. Chaque élément doit ainsi être explicite au niveau textuel comme visuel.

*Compatibilité.* Ce concept comprend toutes les interactions possibles utilisateur/système, qui doivent être conçues pour que le système s'adapte au mieux aux caractéristiques de l'utilisateur (intrinsèques ou liées à la tâche). La compatibilité doit également prendre en compte l'ensemble des technologies qui seront utilisées.

Ces critères ne sont pas référencés en tant que normes universelles mais sont utilisés majoritairement comme cadre de travail pour toute conception de système informatique que l'on souhaite adapter à l'utilisateur afin qu'il soit utilisable sur du long-terme. Bien que ces critères aient pour but d'optimiser l'efficacité (précision avec laquelle l'utilisateur atteint son but) et l'efficacité d'un système (performance atteinte pour un objectif donné dans un temps et avec des ressources raisonnables), la motivation intrinsèque n'est pas prise en compte ici. Or, il s'agit d'un facteur primordial si l'on souhaite une utilisation maintenue à long-terme. Pour cela, des mécaniques de gamification sont pertinentes à intégrer dans le système.

### 3.2.2 Gamification

#### 3.2.2.1 Contexte et définition

Dans le cadre de l'apprentissage en éducation, la gamification est une approche largement utilisée, du fait des nombreux bénéfices qu'elle apporte (Cordova & Lepper, 1996; Malone & Lepper, 1987; Shaffer, 2006). Ce terme, employé initialement dans l'industrie, n'a été

réellement défini que dans les années 2010 par Deterding et ses collaborateurs (Deterding, Dixon, Khaled, & Nacke, 2011). Depuis qu'il a été prouvé que les jeux vidéo permettaient de motiver les utilisateurs à s'engager dans une tâche de façon intense et durable, les industries ont commencé à utiliser ce concept afin d'identifier les mécaniques de jeux utiles pour des produits sortant de ce contexte, mais aussi pour rendre des services plus engageants et agréables (Flatla, Gutwin, Nacke, Bateman, & Mandryk, 2011; Seaborn & Fels, 2015; Zichermann & Cunningham, 2011). De façon générale, Deterding a défini la gamification pour faire référence à « *l'utilisation de mécaniques basées sur les jeux dans un contexte hors-jeu dans le but d'engager les individus, augmenter leur motivation et améliorer l'apprentissage* » (Deterding et al., 2011; Hamari, Koivisto, & Sarsa, 2014; Kapp, 2012; Seaborn & Fels, 2015).

### 3.2.2.2 Mécaniques de jeux

Mulletier et ses collaborateurs ont étudié tous les aspects de gamification pouvant être intégrés dans de nombreux systèmes liés à l'industrie (Mulletier, Bertholet, & Lang, 2014). Pour qu'un système soit gamifié dans le cadre de l'apprentissage d'une maladie chronique (nous prendrons ici l'asthme), les composantes *Goals - Action - Merit - Evaluation (GAME)* doivent être prises en compte.

*Goals.* Durant la conception d'un produit ayant pour but d'optimiser l'apprentissage, le principe de cette composante est de définir des objectifs qui vont se rapprocher au mieux de l'état de *flow* de la personne. Le *flow* est un état mental qui correspond à une concentration intensive de l'utilisateur durant une activité. On est en état de *flow* quand il y a perte de *l'ego* (où on oublie les besoins vitaux comme manger, boire, dormir), on n'a plus conscience du temps qui passe, on perçoit des feedbacks de façon instantanée (c'est-à-dire qu'à la moindre difficulté rencontrée durant la tâche, on a les solutions qui apparaissent en même temps pour la résoudre directement). Pour atteindre cet état, les compétences doivent être équivalentes au challenge demandé (s'il est supérieur, l'individu s'ennuie ; sinon la tâche est source de stress intense), les objectifs doivent être clairement compris, et le joueur doit être motivé intrinsèquement. Tous ces éléments dépendent du but des utilisateurs, qui doit être clairement défini. Il est d'abord nécessaire pour cela de planifier :

- Les objectifs des concepteurs (par exemple améliorer le comportement en santé) ;
- Les comportements à accomplir par les joueurs pour atteindre ces objectifs via la définition de métriques pour chaque activité. Le taux de bonnes réponses doit alors être enregistré pour chaque activité réalisée, et le score doit être associé à la performance des utilisateurs, qui doivent pouvoir y avoir accès pour se rendre compte de leur progression ;
- Des buts à court-terme via des exercices courts à compléter.

Dans un second temps, le système peut accompagner les utilisateurs pour faciliter leurs tâches et qu'ils accomplissent un maximum de buts via :

- Des feedbacks instantanés en énonçant les erreurs commises et les corrections associées. Afin d'informer l'individu que les actions effectuées ont bien été enregistrées, un signal le signifiant peut également être implémenté, critère faisant également parti de la charte ergonomique de Bastien et Scapin (Bastien & Scapin, 1993) ;
- L'ajout d'un contexte au sein de l'application à créer est également un plus pour promouvoir la motivation intrinsèque de l'utilisateur, notamment en apprentissage (Cordova & Lepper, 1996). Par exemple, les actions réalisées doivent être en lien avec le but ultime de l'outil (savoir gérer sa pathologie), le scénario doit être en adéquation (personnage asthmatique) et l'enjeu doit être explicite (réussir les activités impactera l'autogestion de la maladie) ;
- Enfin, les objectifs des concepteurs doivent être alignés avec ceux des utilisateurs (mieux vivre avec la maladie), en gardant en vue que la priorité doit cibler ceux de la première entité et ce, via la valeur attribuée à chaque activité.

Une fois que les objectifs sont bien compris à travers des buts clairs et la planification des objectifs, le *flow* augmentera, ce qui permettra d'atteindre plus rapidement les objectifs des concepteurs.

*Actions.* Les actions correspondent aux mécaniques du jeu utilisées pour construire une expérience ludique : c'est la création du « jeu » en lui-même. Il existe quatre grands types d'expérience ludique définis selon les axes du type d'expérience business (fondé sur du contenu ou s'adressant à une communauté) et les objectifs de l'expérience ludique (performance ou émotion) : le *jeu de rôle* (contenu / performance), le *storytelling* (contenu / émotion), la *coopération* (communauté / émotion), ou la *compétition* (communauté / performance). Ici, nous ne détaillerons que les deux premières expériences ludiques car nous nous sommes particulièrement intéressés aux expériences business fondées sur du contenu, qui sont les plus appropriées dans le cadre de l'apprentissage d'une maladie chronique. En effet, le jeu de rôle est une expérience ludique fondée sur du contenu pour le rendre plus attractif, dont l'objectif est d'aider le joueur à se dépasser, pour l'inciter à maîtriser ce contenu. Les mécaniques utilisées servent ainsi à encourager et conseiller pour réaliser des objectifs et ainsi progresser. Parmi ces mécaniques nous retrouvons :

- Les avatars, qui permettent d'être personnalisés et d'évoluer suivant les compétences acquises. Conçus surtout pour les adolescents et les jeunes adultes, ils augmentent la motivation au changement de comportement, notamment lorsque les avatars ressemblent aux utilisateurs (voir la notion du *concept de soi*, développée en 2.2.3) (Annetta, 2010). Une alternative est également la création d'un profil utilisateur composé d'une photo et d'informations globales ;
- L'affichage des compétences acquises ainsi que celles restantes doit également apparaître sur le profil dans un jeu de rôle. Cette visibilité permet de mettre en exergue les points forts de l'utilisateur, les points à travailler et la progression effectuée ;
- L'affichage des niveaux atteints, plus global que celui des compétences, permet de visualiser que le niveau progresse à chaque session effectuée ;
- La complétion consiste à créer un système qui a une fin, comme les barres de complétion actualisées à chaque session (actions faites/actions totales).

Ainsi, les mécaniques du jeu de rôle se concentrent essentiellement sur les encouragements et l'affichage des progrès pour augmenter les performances. Le *storytelling* lui, sert à créer un attachement émotionnel sur le contenu. Parmi les mécaniques qui le composent, la principale consiste à créer un autre monde, avec un design en lien avec les objectifs préalablement définis (par exemple, un univers enfantin avec des éléments relatifs à l'asthme).

*Call to Action.* Bien que les mécaniques ludiques favorisent l'émergence d'une motivation intrinsèque, un *call to action* est nécessaire pour demander explicitement au joueur de jouer. En effet, un joueur peut être motivé sans jouer car il a oublié comment faire, d'où la mise en place d'un dispositif facilitant le passage à l'action : c'est ce qu'on appelle un « déclencheur » (signal pour produire un comportement). Il existe de nombreux déclencheurs, où les plus complexes sont les plus efficaces. Parmi eux :

- Le *métagaming* consiste à faire en dehors du jeu les activités que le joueur pratique d'habitude dans le contexte ludique. Ce déclencheur est primordial dans le domaine de l'apprentissage de l'asthme car adopter un comportement dans un jeu ou répéter des actions augmente les chances de réaliser ce comportement hors du jeu, comme par exemple éviter les éléments qui déclenchent de l'asthme et mieux prendre ses médicaments ;
- La réalité alternée elle, retranscrit une action réelle (par exemple prendre son inhalateur) comme une action à réaliser dans le jeu ;



- Les *checks in* consistent à utiliser un service dans une situation particulière (par exemple, « checker » (i.e. vérifier) que l'utilisateur a bien pris son traitement via l'utilisation des SMS).

Pour maximiser les résultats du système, il est nécessaire de mettre en place une expérience ludique adaptée à la problématique des concepteurs. En définissant les différentes actions que l'utilisateur doit faire dans le système, ce dernier sera motivé intrinsèquement via les mécaniques du jeu de rôle et du storytelling, en intégrant un signal explicite pour faciliter le passage à l'action.

*Merit.* Cette étape caractérise les mécaniques de jeu permettant de valoriser le mérite des utilisateurs en les récompensant pour l'accomplissement des buts, selon le niveau et le type de motivation. Dans le cadre de l'apprentissage de l'asthme chez les enfants, nous nous sommes focalisés sur les récompenses associées à la motivation intrinsèque (récompenses internes) et à des niveaux de difficulté relativement faibles :

- Les *feedbacks positifs* : ce type de signal immédiat suite à une séquence d'actions permet de mettre en exergue et de valoriser les réussites à court-terme (comme par exemple mettre une musique triomphante quand l'utilisateur a réussi un niveau ou une activité) ;
- Les *feedbacks négatifs* : ce type de retour du système consiste à ne pas faire régresser l'utilisateur en situation d'échec en stabilisant les points accumulés pour donner la possibilité de gagner. Par exemple, même si l'utilisateur n'a pas réussi une activité, il gagnera un minimum de points ;
- Les *feedbacks de progression* eux, servent à montrer les avancées de l'utilisateur pour chaque activité réalisée (par exemple des barres de complétion). Grâce à cet affichage, l'utilisateur doit prendre conscience que les efforts fournis ne sont pas vains ;
- Les *systèmes de score* peuvent être définis de plusieurs façons comme les scores de complétion, où un minimum de performance est demandé pour réussir une activité (par exemple, mettre le ratio des activités réalisées sur la totalité, ou le niveau atteint) ou un score à échelle fermée qui intègre une dimension qualitative sur la performance (par exemple, mettre le score atteint en comparaison avec le score maximum à atteindre).

Ainsi, pour un engagement à long-terme, les récompenses doivent être adaptées au niveau de l'utilisateur (débutant, confirmé) ainsi qu'à son type de motivation. Pour les débutants, le système doit les attirer et ainsi mettre en place un système de récompense immédiat et facile à obtenir. Pour les confirmés, le challenge est de les retenir sur du plus long-terme en valorisant leurs progrès comme les feedbacks de progression. Les récompenses internes comme les feedbacks positifs et négatifs poussent les utilisateurs motivés intrinsèquement à continuer de jouer.

*Evaluations.* Cette dernière étape consiste à définir la réussite ou l'échec d'une activité réalisée en fonction de celle-ci. Par exemple, pour des activités de type quiz/QCM (questions à choix multiples), l'évaluation prendra en compte le nombre de bonnes réponses sur la totalité ; pour des activités de type jeux, la dimension temporelle pourra également être prise en compte.

Bien que les auteurs détaillent ces mécaniques dans un contexte global pouvant s'utiliser autant dans le domaine du business que dans le domaine des applications numériques, Reeves et Read les reprennent également lorsqu'ils définissent « 10 ingrédients pour faire de bons jeux » (Reeves & Read, 2009). Par exemple, nous retrouvons l'intégration d'avatars pour les autoreprésentations, les environnements 3-D, le contexte narratif, les feedbacks, les niveaux et classements, etc.

### 3.2.2.3 Applications « gamifiées » en santé numérique

Depuis quelques années, la gamification est devenue une tendance dans le secteur du marketing et du business, mais ce concept s'étend progressivement dans le secteur académique, éducatif et sanitaire (Seaborn & Fels, 2015). Seaborn et Fels (2015) ont réalisé une revue multidisciplinaire de la gamification *d'action* (i.e. l'expérience ludique, détaillée dans la section précédente), en se focalisant sur les données empiriques associées aux objectifs et au contexte, à la conception du système et à l'impact utilisateur. Concernant le domaine de la santé, trois études ont été relevées :

- Une application mobile pour aider les enfants souffrant d'un diabète de type 1 a été développée en se basant sur des interviews effectuées auprès d'enfants et de leurs médecins (Cafazzo, Casselman, Hamming, Katzman, & Palmert, 2012). L'application attribuait des points selon la fréquence de mesure glycémique effectuée dans la journée et rentrée dans l'application. Les résultats ont montré une augmentation de 50% de la mesure glycémique quotidienne.
- Hori et al. eux, ont développé une application pour améliorer les compétences de communication associées au sourire durant une interaction sociale (Hori, Tokuda, Miura, Hiyama, & Hirose, 2013). L'application fournit des feedbacks visuels et vibratoires lorsque l'utilisateur sourit, et les résultats ont montré que la fréquence de sourires avait augmenté. Les utilisateurs sont également plus motivés à sourire et à faire sourire leurs amis.
- Enfin, pour inciter les jeunes patients atteints d'un cancer à décrire leurs douleurs et leurs émotions dans un journal, d'autres auteurs ont conçu une application appelée « *Pain Squad* », donnant aux utilisateurs un rôle de « recrues » pour être vigilant sur leurs douleurs (Stinson et al., 2013). L'utilisateur « monte à travers les rangs » en enregistrant ses niveaux de douleurs durant des missions qui surviennent deux fois par jour. Ils obtiennent alors des badges et des récompenses, comme des vidéos d'acteurs de séries, après avoir rempli un certain nombre de rapports. Après une étude d'utilisabilité et de faisabilité clinique, les résultats indiquent une observance de 88%.

En résumé, la gamification est l'utilisation des principes de jeu pour changer les comportements des utilisateurs et répondre à des problématiques ciblées par les concepteurs. En corrélation avec les technologies numériques d'apprentissage, son efficacité dépend de sa capacité à répondre à la fois aux attentes des concepteurs et des utilisateurs. Un des grands défis du déploiement commercial de systèmes gamifiés est leur facilité d'accès à des données utilisateurs valides écologiquement sur différents types d'expérience et de catégories naturelles qui surviennent d'une interaction avec ces systèmes (Deterding et al., 2011). Pour cela, il est nécessaire de mettre en place une méthode rigoureuse et scientifique pour construire des systèmes cohérents et maximiser les résultats escomptés.

## 4 Synthèse : problématique et objectifs de la thèse

L'asthme est une maladie chronique qui touche près de 334 millions de personnes dans le monde. En France, il s'agit de la première maladie chronique chez l'enfant, avec une fréquence et une sévérité qui ne cessent de croître du fait de l'augmentation de la pollution, la baisse de diversité environnementale et la surprotection sanitaire que les parents fournissent à leurs enfants. La prise en compte du niveau de la littératie en santé de chaque patient est essentielle dans la gestion des maladies chroniques et dans l'adhésion thérapeutique du patient. Elle implique pour cela la mise en place de programmes d'éducation thérapeutique (ETP), notamment étayés par le développement d'outils numériques.

Chez les enfants, les serious games en santé semblent être une des voies les plus prometteuses pour améliorer l'adhésion thérapeutique d'une maladie chronique. En effet, ils ont l'avantage de prendre en compte des mécaniques de gamification intégrant la motivation intrinsèque pour optimiser l'utilisation de l'outil et intégrer de façon autodéterminée les notions d'apprentissage véhiculées dans les contenus pédagogiques, dans le but de les appliquer dans la vie quotidienne. Parmi les différentes approches ergonomiques existantes dans la conception d'interfaces homme-machine, la méthode de Conception Participative (CP) est apparue comme étant la plus complète pour répondre au mieux aux besoins des futurs utilisateurs, mais aussi aux exigences scientifiques de l'évaluation.

A la lumière du présent état de l'art couvrant un large spectre de domaines scientifiques, l'objectif de la thèse est de concevoir à l'aide des méthodes d'ETP, de CP et de gamification, un serious game ciblant l'éducation thérapeutique auprès de jeunes enfants asthmatiques, et d'en évaluer l'impact en termes ergonomiques, pédagogiques et de bénéfices de santé.

A cela, nous visions également l'augmentation de ce serious game par l'intégration d'un STI (basé sur l'algorithme ZPDES) afin de l'améliorer par une optimisation automatisée de la personnalisation des apprentissages.

Dans la partie empirique, nous verrons ainsi les moyens qui ont été mis en place afin de concevoir et de valider un outil numérique d'éducation thérapeutique de type serious game pour des enfants asthmatiques, avec l'objectif d'en démontrer sa valeur ajoutée en termes de motivation intrinsèque suscitée chez l'apprenant.

Cet outil, appelé KidBreath, est alors soumis à différentes expérimentations évaluant l'impact d'utilisation d'un tel outil, du point de vue de son efficacité pédagogique, son efficacité pédagogique, et ses bénéfices thérapeutiques auprès d'enfants avec et sans asthme. Cet outil sera également évalué après y avoir inclus un algorithme d'optimisation d'apprentissage personnalisé, le dotant ainsi d'un STI.

In fine, les contributions attendues sont :

- L'élaboration d'un cadre théorique pour la conception d'un serious game en santé basé sur l'ETP, la CP et la gamification ;
- La validation empirique de KidBreath avec ou sans STI, auprès d'enfants asthmatiques ou non, ayant pour critères principaux de réussite l'efficacité pédagogique (apprentissage) et l'efficacité pédagogique (motivation intrinsèque et expérience utilisateur) ;
- La valorisation du travail scientifique auprès de la société Itwell.



# Chapitre 3 - Partie Empirique

Ce chapitre présente les objectifs principaux de la thèse, la méthodologie générale adoptée ainsi que les réalisations empiriques menées dans le cadre du projet doctoral. Pour ces dernières, deux grands axes d'investigation sont présentés sous la forme d'articles scientifiques, chacun publié ou soumis à une revue internationale à comité de relecture.

## Sommaire

<b>1</b>	<b>OBJECTIFS.....</b>	<b>105</b>
<b>2</b>	<b>METHODOLOGIE GENERALE .....</b>	<b>106</b>
2.1	PRESENTATION GENERALE DE KIDBREATH (POUR DETAIL, ETUDE 1) .....	106
2.2	RECRUTEMENT DES PARTICIPANTS ET ETHIQUE .....	107
2.3	QUESTIONNAIRES.....	108
2.4	SYNTHESE DE LA METHODOLOGIE GENERALE.....	113
<b>3</b>	<b>REALISATIONS EMPIRIQUES .....</b>	<b>114</b>
3.1	ETUDE 1 : CONCEPTION PARTICIPATIVE ET VALIDATION CHEZ LES ENFANTS NON-ASTHMATIQUES .....	114
3.2	ETUDE 2A : EVALUATION CHEZ LA POPULATION CIBLE.....	133
3.3	ETUDE 2B : EXPLORATION D'UN SYSTEME TUTORIEL INTELLIGENT (STI) DANS KIDBREATH .....	148
<b>4</b>	<b>SYNTHESE CHAPITRE 3 .....</b>	<b>161</b>

# 1 Objectifs

Les deux axes de travaux développés dans cette thèse visent à répondre aux manques de l'existant préalablement identifiés en matière d'éducation thérapeutique des enfants via une solution numérique. En particulier, nous visions :

- 1) L'élaboration de principes de conception de technologie de type serious game à visée d'éducation thérapeutique pour une maladie chronique chez les enfants, avec pour livrable leur instanciation dans un serious game adressant l'éducation thérapeutique liée à l'asthme ;
- 2) Leur validation expérimentale auprès d'une population contrôle non asthmatique ;
- 3) Leur validation expérimentale dans un environnement écologique auprès de la population cible ;
- 4) Leur optimisation via l'intégration d'un STI, permettant un parcours d'apprentissage personnalisé.

La partie empirique correspond aux deux études principales réalisées durant la thèse.

Dans l'étude 1, nous détaillons :

- D'une part, la formalisation de la méthode de Conception Participative (CP) appliquée aux jeux numériques de santé, que nous avons ensuite appliqué dans la conception d'un outil interactif en se basant sur des méthodes pédagogiques utilisées en éducation thérapeutique ;
- D'autre part, l'évaluation de l'outil dans un environnement réel contrôlé en termes d'efficacité pédagogique (connaissances sur la maladie) et d'efficience pédagogique (motivation intrinsèque durant l'apprentissage) auprès d'une population contrôle.

Suite aux améliorations apportées dans l'interface, l'étude 2 qui a suivi traite :

- D'une part, l'évaluation *in situ* de l'outil dans un environnement écologique non contrôlé en termes d'efficacité et d'efficience pédagogique, mais aussi en termes d'adhésion thérapeutique (représentations de la maladie, comportements en santé) auprès de la population cible (étude 2a) ;
- D'autre part, l'intégration d'un algorithme de personnalisation d'apprentissage et l'évaluation *in situ* de ce STI dans les mêmes conditions que précédemment (étude 2b).

## 2 Méthodologie générale

Dans cette partie, pour éviter la redondance, les méthodes de conception de la solution KidBreath ne sont pas abordées, puisque ces dernières font l'objet d'une partie des réalisations empirique (étude 1 - cf. 3.1). Néanmoins, nous décrivons ici les grandes lignes de KidBreath afin de mieux soutenir nos choix méthodologiques concernant les méthodes utilisées pour les évaluations menées autour du serious game KidBreath, en particulier en termes d'efficacité pédagogique (connaissances sur l'asthme), d'efficacité pédagogique (motivation intrinsèque et expérience utilisateur), d'adhésion thérapeutique à KidBreath, et de gains de santé (perceptions de la maladie). En effet, cette partie est principalement consacrée à présenter la durée d'intervention de KidBreath selon les objectifs de chaque expérimentation, le recrutement des participants pour l'ensemble des études et les outils sélectionnés pour nos évaluations.

### 2.1 Présentation générale de KidBreath (pour détail, étude 1)

La plateforme d'apprentissage, nommée KidBreath, comporte des activités ludo-éducatives liées à l'asthme avec pour cible des enfants asthmatiques entre 8 et 10 ans. Bien qu'il existe de nombreuses méthodes centrées-utilisateurs pour développer un tel outil, nous nous sommes rapidement orientés vers la méthode de Conception Participative (CP) (Melonio & Gennari, 2012; Muller & Kuhn, 1993; Sanders, 2002). Cette démarche consiste à développer un outil incluant tous les usagers, directs (ici les enfants asthmatiques) et indirects (ici les parents, médecins, éducateurs thérapeutiques) qui utiliseront l'outil, car même si le système est techniquement innovant, il ne sera pas utilisé s'il n'est pas adapté aux besoins des futurs utilisateurs. Nous avons choisi cette méthodologie de conception car bien qu'elle ait montré des impacts positifs dans de nombreuses études dans le domaine de la santé, aucune ne l'a appliqué aux contextes de serious games pour l'éducation thérapeutique chez les enfants avec maladie chronique (Dekker & Williams, 2017). De plus, le contexte industriel auquel le projet de thèse était rattaché est essentiellement composé de professionnels de santé : ne pas les inclure dans la conception d'un tel outil n'aurait pas été cohérent avec une conception centrée-utilisateur. De la même façon, une étude populationnelle à grande échelle n'aurait pas été possible dans le cadre d'une thèse CIFRE, d'où l'intérêt d'intégrer les usagers directs et indirects afin que l'outil réponde au mieux aux besoins exprimés par chaque partie. Pour notre projet, un partenariat a ainsi été établi avec un service public d'éducation à la santé délégué à une association, où experts médicaux et jeunes patients ont participé à la conception de ces activités ludo-éducatives. Un programme d'éducation à la santé a ainsi été élaboré, validé par l'équipe d'experts, vérifié auprès d'enfants asthmatiques et amélioré si besoin selon les retours de façon itérative.

Les activités comportent dans la dernière version développée une centaine de modules ludiques d'apprentissage sur l'asthme : quiz, Questions à Choix Multiples (QCM), mini-jeux, et vidéos d'animation sur des situations de la vie quotidienne, qui sont tous catégorisés selon leur niveau de difficulté et leur thématique.

## 2.2 Recrutement des participants et éthique

Nous avons d'abord souhaité évaluer l'impact du serious game au niveau de l'efficacité et de l'efficacité pédagogique auprès d'une population sans pathologie et dans un environnement contrôlé (étude 1). Cette étape a été formulée par l'association d'éducation thérapeutique qui souhaitait valider d'une part, la compréhension des contenus pédagogiques et d'autre part, l'utilisabilité de l'interface développée ainsi que la satisfaction associée pour chaque catégorie d'activité. L'expérience utilisateur relevée durant cette phase de test nous a paru en effet essentielle avant déploiement auprès de la population cible qui a été recrutée dans un second temps dans la structure de l'association de santé et auprès des médecins partenaires associés au projet (études 2a et 2b). Cette phase expérimentale effectuée, nous avons pu ainsi améliorer tous les éléments de l'interface et les bugs d'utilisation relevés pour tester cette phase de conception auprès de notre population cible.

### 2.2.1 Durée des interventions KidBreath

Dans l'étude 1 à visée conception du serious game via une méthodologie de CP dans le domaine des maladies chroniques, la durée d'intervention au sein de la population contrôle dans une classe de CE2 s'est étendue sur deux semaines.

Dans l'étude 2a à visée validation de l'outil auprès de la population cible en environnement réel non contrôlé, la durée d'intervention s'est étendue sur deux mois.

Enfin, dans l'étude 2b à visée évaluation de l'outil sous forme de STI auprès de la population cible en environnement réel non contrôlé, la durée d'intervention s'est étendue sur un mois.

### 2.2.2 Participants et critères d'inclusion/exclusion

Dans l'étude 1, KidBreath a ainsi fait l'objet d'une étude en partenariat avec la direction d'un établissement public de l'académie de Bordeaux (Gironde - 33) par lequel 24 élèves âgés entre 8 et 9 ans (10 garçons et 14 filles ; tous scolarisés en CE2) ont été recrutés pour évaluer notre solution. Même s'ils ne sont pas asthmatiques, leur âge similaire permet d'évaluer la qualité de l'expérience utilisateur (utilisabilité de l'interface, motivation suscitée, etc.) car les deux populations ont des centres d'intérêt communs, indépendamment de la pathologie. L'analyse de l'efficacité pédagogique auprès de cet échantillon est également un plus, car si les activités sont compréhensibles chez cette population, elles le seront d'autant plus chez celle avec asthme, directement concernée par les connaissances ciblées.

Dans les études 2a et 2b, les participants ont été recrutés grâce à la collaboration avec le Centre d'Education Thérapeutique de Bordeaux Aquitaine (CETBA), une association de santé. Certaines familles ont été recrutées dans cette structure après avoir participé à des ateliers d'éducation thérapeutique, sur la base du volontariat et après leur avoir expliqué la nature de l'étude. Les autres familles ont été appelées après confirmation lorsque leur médecin (associé au CETBA) leur a énoncé l'objectif du projet. En conséquence, pour l'étude 2a, 14 familles asthmatiques ont été recrutées, dont 8 garçons et 6 filles âgés de 7 à 11 ans. Tous les enfants ont présenté une sévérité d'asthme modérée selon les médecins de l'association de santé. Concernant l'étude 2b, 15 familles d'enfants asthmatiques ont été recrutées, dont 9 garçons et 6 filles ayant un asthme léger à modéré et âgés entre 8 et 12 ans.



Les critères d'inclusion et d'exclusion ont été établis. Tout d'abord, les enfants participant à l'étude devaient être nés entre les années 2006 (juste avant le collège) et 2010 (car les enfants nés à posteriori n'ont pas les compétences en lecture nécessaires pour réaliser l'expérimentation). Dans l'étude 1, les enfants devaient donc être scolarisés entre le CE2 et le CM2. Dans l'étude 2b, seulement un enfant est né en décembre 2004. Il a été recruté car il s'agit du frère d'un autre participant.

Deuxièmement, ils ne devaient pas être scolarisés à la maison et devaient connaître les utilisations de base de l'ordinateur.

Troisièmement, afin d'éviter les préjugés liés aux problèmes d'alphabétisation, seuls les enfants francophones, ne souffrant pas de déficiences cognitives et n'ayant pas de problèmes conceptuels en matière de littératie ou de numératie étaient admissibles. Concernant ces deux conditions, ceux ne maîtrisant ni la lecture ni l'écriture ou n'ayant jamais utilisé un ordinateur n'auraient pas pu utiliser KidBreath de façon correcte, ils ont donc été exclus de l'étude. Dans l'étude 1, cela a été le cas pour un élève qui ne savait pas lire, bien qu'il ait joué à l'outil dans les mêmes conditions que ses camarades.

Quatrièmement, la participation jusqu'à la troisième session dans l'étude 1 est un critère d'inclusion. Dans ce contexte, un élève a manqué une session, et a donc été exclu des analyses. Concernant l'étude 2, seuls les enfants participant à toutes les sessions d'évaluation ont été considérés pour l'étude.

Au total, les analyses finales ont donc comptabilisé :

- 22 élèves pour l'étude 1 ;
- 14 enfants asthmatiques pour l'étude 2a ;
- 15 enfants asthmatiques pour l'étude 2b.

### 2.2.3 Ethique

Pour nos trois études, nous avons reçu l'accord du Comité Opérationnel d'Evaluation des Risques Légaux et Ethiques (COERLE) de Inria pour les études expérimentales sur des êtres humains (COERLE n°2016 – 010) ainsi que l'enregistrement à la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés) pour les bases de données concernant l'étude utilisateur. S'agissant dans un premier temps d'une étude d'utilisabilité d'un serious game d'éducation à la santé, et ceci auprès d'un public jeune sans pathologie, l'accord de la Direction des Services Départementaux de l'Education Nationale, de la direction des écoles où s'effectuaient les tests ainsi que celui des parents ont été obtenus. Concernant notre population asthmatique, l'accord des médecins partenaires du projet, ainsi que le Centre d'Education thérapeutique de Bordeaux Aquitaine (CETBA) ont été obtenus. Au final, les enfants qui ont utilisé KidBreath ainsi que leurs parents ont approuvé et signé un consentement éclairé.

## 2.3 Questionnaires

Dans le cadre des expérimentations qui ont été réalisées auprès de nos deux populations, les objectifs d'évaluation étaient très similaires. La liste ci-dessous reprend l'ensemble des questionnaires qui ont été administrés, en décrivant leurs forces et leurs faiblesses. Chaque questionnaire est annexé (Annexe 2 – chapitre 5).

Les questionnaires listés ci-dessous reprennent l'ensemble des tests papiers réalisés durant les études utilisateurs effectuées au sein de la thèse. Ces études comprennent :

- Les focus groups réalisés dans une classe de CE2 lors de la phase de Conception Participative du développement informatique de KidBreath ;

- L'étude de validation pédagogique de l'outil auprès d'une population contrôlée réalisée dans une classe de CE2 durant deux semaines ;
- L'étude de la validation de l'outil auprès d'une population cible réalisée au domicile dans un environnement non contrôlé sur deux mois ;
- L'évaluation de l'outil intégrant un parcours d'apprentissage personnalisé de façon automatique (STI) auprès d'une population cible réalisée au domicile dans un environnement non contrôlé sur un mois.

### 2.3.1 Utilisabilité et expérience utilisateur

Deux outils ont été sélectionnés.

*System Usability Scale* (Annexe 2.2 – chapitre 5). Le System Usability Scale (SUS) (Brooke, 1996) est une échelle de Likert à 5 points consistant à noter le degré de satisfaction et de facilité d'utilisation de l'outil. Nous avons utilisé ce questionnaire pour évaluer l'utilisabilité de la première version de l'interface qui avait été développée auprès d'une population contrôlée, c'est-à-dire des enfants non asthmatiques dans une classe de CE2. Nous avons choisi d'utiliser ce questionnaire car non seulement il est standardisé, rapide à compléter (10 items), mais surtout il est communément utilisé dans la littérature pour les tests utilisateurs associés à la phase de conception d'interface numérique car les questions sont facilement adaptables pour des sites web, des applications, des jeux etc. Bien que ce questionnaire soit validé en anglais, nous avons dû l'adapter en français afin qu'il soit compréhensible auprès des enfants. Ce test a ainsi été utilisé lors de la phase de conception de KidBreath.

*Fun Toolkit* (Annexe 2.9 – chapitre 5). L'utilisabilité et le degré associé à l'engagement, la satisfaction et le plaisir (« *enjoyment* ») ont été évalués avec le Fun Toolkit (MacFarlane, Sim, & Horton, 2005). Suite aux améliorations apportées grâce au SUS, ce test a été utilisé car il fournit davantage d'information que son prédécesseur. En effet, ce questionnaire validé s'adresse majoritairement aux enfants car il prend en compte l'émotion qu'ont ces derniers à jouer sur un système interactif. Facilement adaptable selon le contexte, il permet également d'évaluer plusieurs composantes :

- *L'expectation* (appelée le *smileyometer*). Cette partie recueille l'idée que la personne se fait de l'interface ou du jeu en termes d'amusement et l'évalue sur une échelle de Likert illustrée sous la forme de 5 smileys (voir Annexe 2.9.1 – chapitre 5). Dans le cadre de notre étude, nous avons fait passer le *smileyometer* en français aux enfants, avant et après avoir joué sur KidBreath en leur demandant d'entourer le smiley qui correspond à ce qu'ils pensent de l'outil. Les scores sont classés de 1 = « Affreux » à 5 = « Génial » (max.score = 5).
- *L'endurability* :
  - o *Fun Sorter*. La première sous-composante consiste à classer les différentes actions à réaliser pendant la tâche par niveau de difficulté. Nous pouvions ainsi classer nos différentes composantes par degré d'amusement, mais également par degré d'utilité pour une analyse plus fine ;
  - o *Again Again*. Dans la seconde sous-composante, la personne indique si elle aimerait refaire les éléments proposés durant la tâche.

Ce test a ainsi été utilisé dans la première phase de validation de ce projet.

### 2.3.2 Connaissances de la maladie « Asthme »

Trois outils ont été sélectionnés : le premier pour la phase de conception, et les deux autres pour les études de validation de KidBreath.

*Questions sur KidBreath* (Annexe 2.1 – chapitre 5). Durant la phase d'implémentation des premiers contenus pédagogiques, nous devons tester leur compréhension auprès d'une population contrôle dans une classe de CE2. Afin de vérifier si les activités complétées durant cette phase d'étude étaient retenues, nous avons créé un questionnaire qui reprend les formulations vues dans les quiz, QCM et jeux de la première version développée de KidBreath. Ainsi, l'analyse des logs des activités réalisées nous permettait de comparer l'évolution des réponses entre les activités réalisées dans KidBreath et leurs réponses au questionnaire papier complété par la suite. Ce questionnaire pouvait être mis en place étant donné que très peu de contenus avaient été implémentés (une quinzaine). Un tel questionnaire ne pouvait cependant pas être réalisé pour évaluer les connaissances sur l'asthme dans la version suivante de KidBreath. Cette dernière était en effet composée de la totalité des contenus validés durant la phase de conception participative, soit une centaine d'activités pédagogiques, sa passation aurait été alors beaucoup trop longue et épuisante. Un questionnaire de connaissance générale sur l'asthme validé dans la littérature scientifique était alors nécessaire à identifier pour les études suivantes.

*Asthma Knowledge Questionnaire* (Al-Motlaq & Sellick, 2011) (Annexe 2.4 – chapitre 5). Ce questionnaire validé en anglais est composé de 24 phrases affirmatives sur l'asthme où l'enfant doit cocher si ladite phrase est vraie ou fausse. Traduit en français pour qu'il soit compréhensible pour des enfants, ce questionnaire est utilisé dans la littérature pour évaluer les connaissances générales liées à l'asthme et reprend les thématiques développées par les politiques de santé publique sur l'adhésion thérapeutique (ANAES, 2002). Nous avons également rajouté une troisième modalité « Ne sais pas » pour que l'analyse soit plus fine et éviter que l'enfant ne coche au hasard. Il est en effet plus pertinent d'analyser si l'enfant sait qu'il ne sait pas, ou croit savoir et a faux (Nguyen et al., 2003).

*Quiz sur le diabète* (Annexe 2.5 – chapitre 5). Afin de vérifier que l'évolution des connaissances sur l'asthme est due à l'utilisation de KidBreath et non à la recherche d'informations extérieures (questions auprès des parents, de l'instituteur, ...), il nous a semblé utile d'avoir un questionnaire « contrôle » traitant d'une maladie chronique non abordée par notre système en ligne. Le diabète a alors été choisi car il s'agit d'une maladie relativement médiatisée et qui touche une large population comme l'asthme. Les enfants participant à notre étude pouvaient ainsi en avoir entendu parlé plus facilement. Nous avons utilisé un quiz issu d'un site en ligne où les questions sont adaptées pour une jeune population<sup>14</sup>. Pour que les questions soient plus compréhensibles, nous avons volontairement supprimé les items 4, 8, 9, 12 et 13, et nous avons reformulé certaines questions, ce qui revient à un questionnaire de 10 items. La modalité « Ne sais pas » a également été rajoutée pour les mêmes raisons que précédemment.

### 2.3.3 Motivation

Trois outils ont été sélectionnés : le premier pour la phase de conception, et les deux autres pour la phase de validation de KidBreath.

<sup>14</sup> Issu du site <https://www.quizz.biz/quizz-948885.html>

*Mesures motivationnelles* (Cordova & Lepper, 1996) (Annexe 2.3 – chapitre 5). Pour la conception de notre prototype, nous nous sommes intéressés à la motivation potentielle que pouvait générer l'utilisation de KidBreath sur du court-terme auprès d'une population contrôlée. Ce trait est peu exploité dans le cadre d'un serious game en éducation, néanmoins les travaux de Cordova & Lepper (1996) nous ont semblé similaires à notre objectif de conception. En effet, ils ont évalué l'impact de certains éléments de gamification dans un serious game pour les mathématiques sur la motivation à apprendre. KidBreath pouvant être considéré comme un serious game avec les différents éléments de gamification intégrés, dans un objectif d'amélioration de l'adhésion thérapeutique il est nécessaire que l'utilisateur soit dans un processus d'engagement et reste motivé pour utiliser l'outil. Nous nous sommes alors servis de leur questionnaire que nous avons traduit en français. Facilement adaptable selon le type d'interface (web, application, etc.), il est rapide à réaliser (8 items) et évalue plusieurs composantes :

- La première composante correspond à 6 échelles de Likert à 7 degrés évaluant la satisfaction de l'enfant sur l'utilisation de l'outil ;
- En utilisant une échelle similaire, la compétence perçue est également évaluée, rentrant dans le processus cognitif du Sentiment d'Efficacité Personnel de Bandura (SEP) (Bandura, 1993) nécessaire pour optimiser une tâche d'apprentissage ;
- Enfin, les deux derniers items sont des échelles à 6 degrés qui évaluent le degré de préférence de l'enfant à utiliser l'outil comparé à son jeu vidéo favori et à sa matière préférée à l'école.

*Echelle de Motivation en Education* (Annexe 2.8 – chapitre 5). Le questionnaire utilisé lors du précédent test utilisateur (Cordova & Lepper, 1996) nous donnait un premier aperçu de la motivation que pouvait ressentir les élèves en jouant à KidBreath. Néanmoins, nous souhaitions savoir quel type de motivation pouvait être généré lors de ces utilisations. Le type de motivation généré par KidBreath est mesuré par le questionnaire de Vallerand (Vallerand et al., 1989, 1992), basé sur la théorie de l'Auto-Détermination (Deci & Ryan, 1985b) et largement utilisé pour sonder les mécanismes de motivations intrinsèques et extrinsèques (e.g., Desrochers, Comeau, Jardaneh, & Green-Demers, 2006). Facilement transposable selon le contexte éducatif, nous avons créé ce questionnaire pour un jeune public afin qu'ils puissent exprimer leurs motivations à jouer à KidBreath et ce, à l'aide de 21 items énonçant les différentes raisons (associées à chaque type de motivation : Amotivation, Motivation Extrinsèque (ME), Motivation Intrinsèque (MI)) à ce qu'ils avaient ressenti. Ainsi, trois items proposant des raisons d'avoir joué à KidBreath sont associés à chaque sous-composante de motivation :

- *Amotivation* : l'apprenant est amotivé lorsqu'il ne fait pas le lien entre les actions et les résultats obtenus, il s'agit d'une absence de motivation ;
- *Motivation Extrinsèque incluant la Régulation Externe* (lorsque l'apprenant fait une action en vue d'une récompense matérielle ; eg., bonne note), la *Régulation Introjectée* (lorsque l'apprenant commence à intérioriser les contraintes extérieures, e.g. montrer aux autres qu'il est intelligent) et la *Régulation Identifiée* (moyens choisis pour accéder à des fins extérieures, comme aider un camarade qui a une crise d'asthme, réussir l'expérimentation) ;
- *Motivation Intrinsèque incluant la Connaissance* (l'apprenant prend plaisir à apprendre), l'*Accomplissement* (l'apprenant prend plaisir au challenge d'utiliser l'outil et aux différents buts à court-terme qu'ils requièrent) et la *Sensation* (l'apprenant prend plaisir de ressentir quelque chose de spécial, comme l'amusement, l'excitation, le bonheur lorsqu'il utilise l'outil).

Il était possible d'assigner plus ou moins d'items à chaque sous-type de motivation, étant donné que les raisons sont dépendantes du contexte. S'il y en avait eu davantage, le questionnaire aurait été trop long à réaliser pour des enfants. S'il y en avait eu moins, l'analyse des réponses n'aurait pas été représentative de la réalité. Les scores s'étalent donc de 0 (aucune raison cochée dans une sous-catégorie donnée) à 3 (maximum des raisons cochées dans une catégorie donnée).

*Curiosité* (Annexe 2.7 – chapitre 5). Dans le contexte de l'apprentissage chez les enfants, la motivation intrinsèque pour une tâche est associée à la curiosité qu'ont ces derniers, qui peut se sonder par la génération de question (Gordon, Breazeal, & Engel, 2015). L'enfant est alors invité à poser le plus de questions possibles sur un sujet sans en fournir les réponses, témoignant de l'intérêt porté par l'enfant (Harris, 2012). Nous avons choisi d'évaluer cette composante de cette façon car le comportement de curiosité se manifeste d'autant plus dans le  *coping*  de l'enfant asthmatique, lorsqu'il s'agit de gérer au mieux une maladie chronique (de Benedictis & Bush, 2007).

### 2.3.4 Mesures d'adhésion thérapeutique

Lamouroux et ses collaborateurs distinguent *l'observance* de *l'adhésion* thérapeutique (Lamouroux et al., 2005) : le premier terme définit la capacité à prendre correctement un traitement tel qu'il est prescrit par le médecin (nombre de médicaments réellement pris vs. nombre de médicament prescrits). Le second renvoie à une volonté et à une approbation réfléchie de l'individu à prendre en charge sa maladie (attitudes et motivation). Afin d'évaluer l'impact de l'outil sur l'adhésion thérapeutique, nous avons souhaité regarder l'évolution d'engagement sur la prise en charge de la maladie du point de vue des parents mais aussi de l'enfant. Le temps d'intervention de l'outil étant trop court (deux mois), il n'était pas pertinent d'évaluer l'évolution de l'observance thérapeutique, d'autant plus que les traitements étaient modifiés constamment (intervention en période hivernale), ce qui ne permettait pas d'estimer un seuil de référence.

Nous avons ainsi conçu un questionnaire traitant de deux composantes illustrées en échelles de Likert à 4 degrés. La première rapporte la perception qu'ont les parents sur l'engagement de leur enfant à utiliser l'outil (*engagement de l'enfant rapporté par les parents*). Nous y avons également inclus la perception de l'enfant sur son propre engagement, où il est intéressant d'analyser les potentielles différences avec les réponses des parents (*engagement de l'enfant auto-rapporté*). La seconde composante (*attentes et jugement de l'outil auto-rapportés*) recueille la perception de l'enfant sur l'impact de l'outil dans la gestion de la maladie.

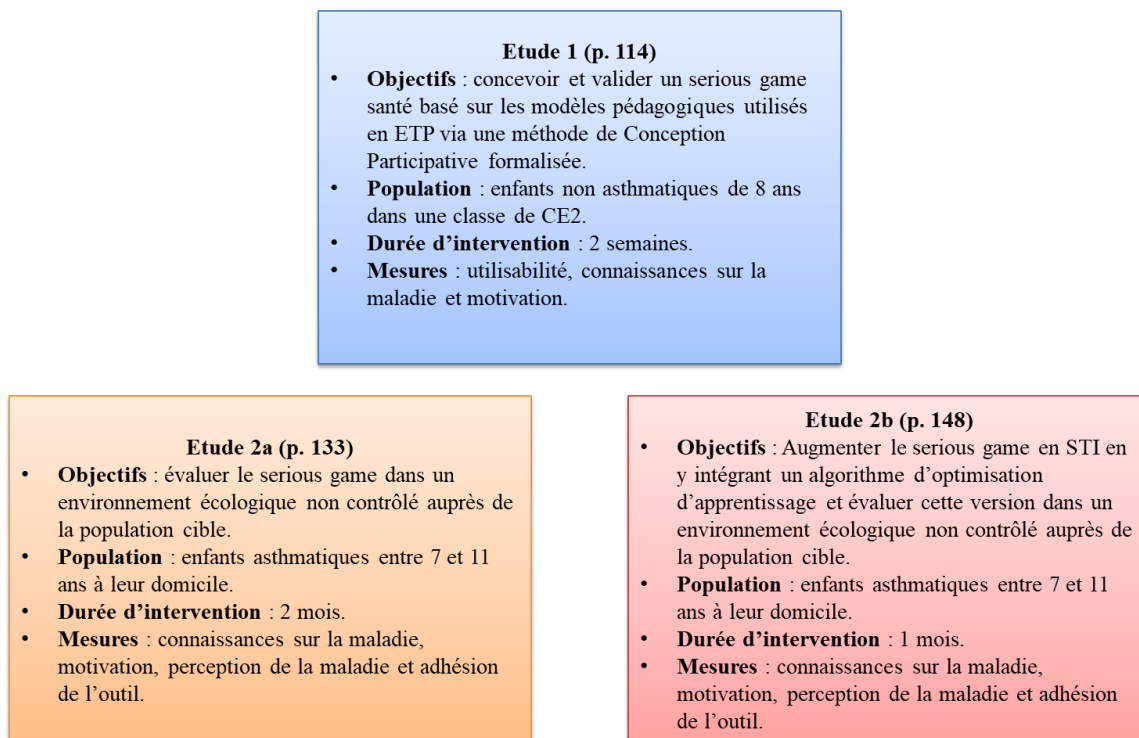
### 2.3.5 Perception de la maladie « Asthme »

Lors des études de validation de l'outil auprès de notre population cible, c'est-à-dire les enfants asthmatiques, il était nécessaire d'évaluer l'impact de l'utilisation de notre système sur le sentiment d'efficacité personnelle. En effet, selon la Théorie Sociale et Cognitive de Bandura (Bandura, 1993), un changement de comportement, notamment dans le cadre d'une gestion de maladie chronique, ne sera réellement réalisé que si le patient a la conviction qu'il peut y arriver. Associée à la théorie de représentation de la maladie de Leventhal (Leventhal, Nerenz, & Steele, 1984), si le patient considère au contraire la maladie comme une menace et reste dans un comportement fataliste, le changement comportemental ne pourra être effectif et l'adhésion thérapeutique restera inchangée, voire inexistante. Pour cela, le *Illness Perception*

*Questionnaire* (Weinman, Petrie, Moss-Morris, & Horne, 1996) est un test reconnu dans la littérature scientifique car il se base sur le modèle d'autorégulation de Leventhal (1980) (Hagger & Orbell, 2003). Il postule en effet que les patients atteints de maladies chroniques construisent une représentation de leur maladie comportant plusieurs dimensions afin de lui donner un sens et de construire un comportement de *coping* pour mieux la gérer. L'impact de ces dimensions sur l'observance au traitement a été mis en évidence dans diverses maladies chroniques. Ce questionnaire a été construit et validé pour plusieurs maladies chroniques et dans des versions plus ou moins longues (IPQ, IPQ-R, BIPQ)<sup>15</sup>. Weinman et ses collaborateurs ont ainsi proposé une version courte pour les enfants, le Children Illness Perception Questionnaire (Weinman et al., 1996) (Annexe 2.6 – chapitre 5). Comme ses versions adultes, ce test de 26 items est composé de deux sections. La première concerne les croyances liées à la maladie en fonction des aspects temporels perçus, des conséquences que la maladie peut avoir et du sentiment de contrôle que le patient pense avoir. Le score global représente ainsi le degré de menace que la maladie a sur le patient. La seconde section analyse les aspects causaux de la maladie, où le patient doit décrire toutes les causes, rationnelles ou non, qui ont pu faire apparaître sa maladie. Cependant, d'après les auteurs ces items de causalité ne doivent pas être considérés comme une sous-échelle, car il serait très difficile de déterminer à quel point l'item sélectionné est réellement une des causes ou appartient à une croyance sans fondement (Weinman, Petrie, Sharpe, & Walker, 2000).

## 2.4 Synthèse de la méthodologie générale

Le schéma ci-dessous résume les objectifs, les populations et les mesures utilisées pour les trois réalisations empiriques que nous détaillons dans la section suivante.



**Figure 3.1** : Schéma résumant les réalisations empiriques réalisées durant la thèse.

<sup>15</sup> <https://www.uib.no/ipq/>

## 3 Réalisations empiriques

### 3.1 Etude 1 : conception participative et validation chez les enfants non-asthmatiques

L'étude décrite dans cette section met en lumière l'intérêt d'une approche de conception participative (CP) dans le cadre d'un apprentissage en ligne sur l'asthme pour les enfants. En se basant sur les programmes d'éducation thérapeutique, la démarche de conception de cet e-learning est formalisée pour qu'elle soit applicable à d'autres maladies chroniques. Avant d'évaluer cliniquement l'outil auprès de la population cible, son impact a été évalué en termes d'efficacité pédagogique (connaissances sur la maladie) et d'efficience pédagogique (utilisabilité, type de motivation engendré et intérêt porté) auprès d'enfants contrôles non asthmatiques âgés de 8 à 9 ans au sein d'une classe de primaire pendant deux semaines.

Ainsi les principales contributions sont :

- D'une part, la formalisation de la méthode de CP appliquée aux jeux numériques de santé, que nous avons ensuite appliquée dans la conception d'un outil interactif en se basant sur des méthodes pédagogiques utilisées en éducation thérapeutique ;
- D'autre part, l'évaluation de l'outil en termes d'efficacité pédagogique (connaissances sur la maladie) et d'efficience pédagogique (motivation intrinsèque durant l'apprentissage) dans un environnement contrôlé.

Cette étude est en cours de valorisation dans deux revues :

- Dans une version anglaise pour *International Journal of Child-Computer Interaction* : *Participatory Design of a serious game to foster children's Health Education*
- Dans une version française pour le *Journal d'Interaction Personne Système* : *Conception participative d'un serious game pour l'éducation thérapeutique chez les enfants*

Elle a également été publiée dans un article pour la conférence IHM'17 à Poitiers, (A. Delmas, 2017).

#### 3.1.1 Méthode

##### 3.1.1.1 Conception Participative

La CP correspond à un processus de conception de systèmes interactifs qui implique les utilisateurs dans l'ensemble du processus de développement (David, 2010; Kortbeek, s. d.). Il s'agit d'une approche issue des Conceptions Centrées Utilisateurs (CCU), démarche clé dans le cadre d'une Interface Homme-Machine ergonomique (Pilemalm & Timpka, 2008). Souvent rejetée dans le milieu industriel car trop coûteuse, cette tendance s'inverse (Kortbeek, s. d.) car les technologies déployées sont généralement abandonnées, pour la simple et bonne raison qu'elles ne sont pas adaptées aux usages réels et situés. Ayant déjà montré son efficacité dans le développement des Interactions Homme-Machine (IHM) (Muller & Kuhn, 1993) ; Spinuzzi, 2005), l'avantage d'impliquer les utilisateurs en amont, dès la conception et tout le long du processus, ajoute une légitimité dans la démarche centrée utilisateur car elle est conçue *par* et *pour* les utilisateurs, optimisant ainsi l'adaptation des outils en fonction des usages que les futurs utilisateurs en feront.

Depuis, la démarche de conception participative s'est étendue peu à peu dans le cadre de la santé, allant des systèmes d'information (Pilemalm & Timpka, 2008; Salman et al., 2007; Sjöberg & Timpka, 1998) aux applications mobiles pour la prévention sanitaire des populations rurales (da Silva et al., 2014), en passant par le développement de dossiers médicaux électroniques mobiles (De Croon et al., 2014).

### 3.1.1.2 Implémentation

Il existe un grand nombre de méthodes et d'outils pour mettre en œuvre une CP similaire aux démarches centrées utilisateurs (e.g. norme ISO 13407 « Processus de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs »). Dans le cadre d'une conception d'un serious game en santé, nous avons choisi la méthodologie de Spinuzzi (Spinuzzi, 2005), où il est indispensable de réaliser une « participation active des utilisateurs » dans toutes les phases de conception.

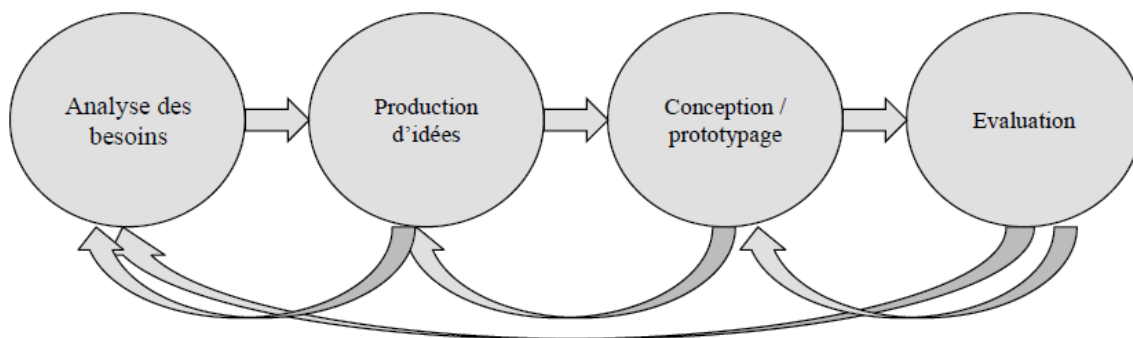


Figure 3.2 : Phases de conception selon la méthode participative (Spinuzzi, 2005).

Ces étapes ont été concrétisées avec une équipe d'experts médicaux qui a été créée expressément pour cela, où étaient présents quatre éducateurs thérapeutiques, un allergologue, trois pédiatres (dont un pneumo-pédiatre) et un pneumologue, mais également un adulte asthmatique, des enfants avec (N = 14) et sans asthme (N = 80) et leurs parents (N = 14). Nous allons détailler comment nous avons adapté ces étapes de conception dans notre projet.

*Analyse des besoins.* Le cycle de conception participative commence avec l'analyse des besoins et des activités des utilisateurs (observation des utilisateurs, interviews, étude des documents disponibles, etc.). En suivant cette approche, la première étape a été la création de scénarios pédagogiques transmédia sous format numérique (activités ludiques liées à l'asthme) basés sur les critères de recommandation des autorités de santé publique pour améliorer les connaissances et la gestion de l'asthme en Education Thérapeutique du Patient (ETP) (Nguyen et al., 2003 ; ANAES, 2002). Cette première base a ensuite été améliorée et approfondie par l'analyse du besoin établie lors d'ateliers d'ETP auxquels nous avons participé via le partenariat avec le service public d'éducation à la santé (CETBA). Après avoir reporté les expériences que vivaient les enfants avec leur maladie qui étaient exprimées lors des ateliers, nous les avons interviewés à la fin des séances pour comprendre comment, dans la vie quotidienne, les enfants ressentaient leur maladie, mais également toutes les choses qu'ils souhaitaient savoir sur leur maladie, leur environnement et leur traitement. Cela nous a permis de construire une base de données des éléments d'information que les enfants *devaient* savoir sur leur maladie (via les recommandations des autorités de santé), mais également les informations qu'ils *souhaitaient* connaître. Parmi les domaines de connaissance sur l'asthme ayant un intérêt pour l'éducation du patient (Jafer, Mahmood, Fatah, & Jasim, 1991), nous avons répertorié cette base de données selon quatre grands domaines en référence aux aspects cognitifs du diagnostic éducatif (i.e. qu'est-ce que le patient sait, ou croit savoir sur sa maladie ?) (ANAES, 2002) :



- *Biomédical* : connaissances sur l'anatomie relative à l'asthme (poumons, bronches), sur la physiologie respiratoire (échanges gazeux), et sur les mécanismes de la maladie ;
- *Symptômes* : reconnaissance des symptômes de l'asthme, les signes de gravité, mais également les croyances (faux symptômes) et les conceptions associées ;
- *Connaissances Générales* : reconnaissance des facteurs déclenchants en fonction des situations de vie, recommandations associées, application en fonction des rythmes de vie et fausses croyances ;
- *Traitements* : connaissances sur les traitements de l'asthme, les différents types, rôles et modes d'action, les cas d'utilisation, les conduites à tenir en cas de crise et la présence de signes de sévérité.

*Production d'idées.* Dans une deuxième phase de la CP, il est utile de mettre en pratique des méthodes de créativité, comme par exemple le *brainstorming* (ISO 16982 « Méthodes d'utilisabilité pour la conception centrée sur l'opérateur humain »), afin de produire des idées de solutions. Dans le contexte d'éducation en santé, l'équipe de recherche, en se basant sur les techniques véhiculées lors des ateliers d'éducation thérapeutique, a mis les éléments d'information relevés dans l'étape précédente sous forme de scénarios d'activités d'apprentissage, comme des quiz (où l'enfant doit rentrer une réponse via un clavier), des QCM (où les réponses sont indicées et l'enfant n'a plus qu'à cocher), mais aussi sous forme de mini-jeux. Le point commun entre ces activités est qu'elles ont été formalisées en prenant en compte les techniques de pédagogie utilisées en ETP. En effet, lors des ateliers les éducateurs posent des questions relatives à l'asthme de façon individuelle ou collective. L'enfant produit une réponse, puis s'autocorrige par lui ou ses pairs. Pour finir, les éducateurs donnent la correction en la contextualisant avec d'autres informations sur l'asthme, puis un peu plus tard dans l'atelier l'équipe reposera la question pour vérifier si la connaissance est bien acquise. En transférant cette méthodologie dans nos activités, l'enfant doit rentrer une réponse pour chaque question posée dans un quiz/QCM/jeu. Suite à cela, le système fournit à l'enfant un feedback instantané (juste ou faux) mais donne surtout accès à la correction avec les éléments d'information à savoir (qu'il ait juste ou faux, car il peut avoir répondu au hasard). Une quatrième forme d'information a été également créée, qui correspond à des vidéos d'animation traitant de situations de la vie quotidienne auxquelles l'enfant peut se reconnaître (partir à la mer ou à la montagne, quand un proche fume, quand on a des animaux, etc.). Ces vidéos « bonus » ont été créées pour soutenir chez les enfants asthmatiques une stratégie de *coping* centrée sur le problème (Folkman, 1984), pour être apte à mieux gérer la maladie au quotidien (Miller, 1987). De façon itérative, l'équipe de recherche a mis les scénarios réalisés sous forme de *story boards*, qui sont des techniques de prototypage rapide à mettre en place et à valider avant le développement (Beaudouin-Lafon & Mackay, 2003). Ils ont ensuite été présentés via des réunions de brainstorming à l'équipe d'experts médicaux dans le cadre du partenariat avec le CETBA, où chaque expert a apporté son lot de contribution :

- Les pédiatres, pneumologues et allergologues ont corrigé les différents éléments qui n'étaient pas à jour, comme le fonctionnement des différents traitements existant (mise à jour continue des différents dispositifs) ;
- Ils ont également rectifié certains mots de vocabulaire qui, pour eux, n'étaient pas adaptés à la population. L'équipe de recherche avait par exemple remplacé le terme « traitement de fond » par « pshiiit de tous les jours », qui a été reformulé à la fin par « médicament de tous les jours » ;
- Les éducateurs eux, se sont davantage penchés sur les techniques pédagogiques utilisées dans l'acquisition des compétences, avec une volonté de réflexivité, où l'enfant devait trouver les éléments qu'il n'avait pas assimilés, s'autocorriger et réitérer lesdites activités. Ils ont également donné leur avis concernant le « ton » employé, s'il était

compréhensible et ludique sans être trop enfantin ni effrayant. La majorité du temps, les éléments d'information véhiculés étaient beaucoup trop longs, il a fallu simplifier voire créer des activités supplémentaires pour scinder l'information.

In fine, ces *brainstormings* ont permis d'améliorer et de valider médicalement la base de scénarios pédagogiques créés par l'équipe de recherche, qui ont ensuite été définis selon les thématiques citées précédemment pour les rajouter à notre base de données (Biomédical, Symptômes, Connaissances Générales, Traitements). De la même façon, dans un souci de formalisation de la méthode de conception d'un serious game en éducation de la santé, il était nécessaire de paramétrer chaque activité en niveau de difficulté, si nous voulions que nos jeunes patients puissent progresser dans leur connaissance sur l'asthme. Ainsi, pour chaque scénario d'activité créé, l'équipe d'experts médicaux et les chercheurs leur ont attribué les paramètres suivants : type (quiz, QCM, jeux, vidéos), thème (Biomédical, Symptômes, Connaissances Générales, Traitements), et niveau de difficulté (1 = facile, 2 = moyen, 3 = difficile). Nous n'avons pas construit plus de trois niveaux étant donné le jeune âge du public ciblé si nous voulions qu'ils progressent en autonomie. Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble de la base des informations paramétrées.

Tableau 3.1 : Liste des activités ludo-éducatives implémentées dans la version finale du prototype KidBreath ayant bénéficié de la CP, catégorisées selon le type (quiz, QCM, jeux, vidéos), le niveau de difficulté (N1, N2, N3) et le thème (Bio, Symp, CG, TT).

Type / Thème	Bio	Symp	CG	TT
Quiz - N1	5	2	10	2
Quiz - N2	7	2	11	9
Quiz - N3	3	1	7	3
Qcm - N1	11	3	19	6
Qcm - N2	4	2	8	6
Qcm - N3	0	0	1	2
Jeux - N1	0	0	1	0
Jeux - N2	1	2	5	1
Jeux - N3	2	1	1	1
Vidéo d'inf.	1	2	12	3

Comme on peut le constater, il y a une certaine disparité dans le nombre de scénarios pédagogiques listés, où par exemple un maximum de QCM de niveau 1 ont été créés dans la catégorie Connaissances Générales (19), alors qu'au contraire il n'y a qu'un mini-jeu de niveau 3 dans cette catégorie. Les activités d'apprentissage n'ayant été paramétrées qu'après conception, cette hétérogénéité illustre l'intérêt même de la mise en place d'une CP dans le cadre d'un serious game pour une maladie chronique et ce, entre autres, pour les raisons suivantes.

- *Connaissances Générales.* Tout d'abord, notre base de données d'informations à connaître n'a été construite qu'en fonction des interviews réalisées en analyse du besoin, mais aussi après avoir effectué un état des lieux des informations que les patients devaient connaître suite aux ateliers d'éducation thérapeutique effectués. En effet, les informations que les enfants souhaitaient connaître sur l'asthme portaient surtout sur leur environnement de vie, les éléments qui pouvaient déclencher l'asthme et comment les éviter. Selon les habitudes de chacun, il était ainsi plus aisé de créer des scénarios pédagogiques reprenant l'ensemble des éléments qui déclenchent de l'asthme pour en faire des activités à part entière (en termes de quiz, de QCM et de jeux mais aussi concernant les vidéos d'information

pour en savoir plus), d'où le fait d'avoir un grand nombre d'activités reliées aux Connaissances Générales.

- *Symptômes*. De la même façon, chaque symptôme étant différent pour chaque jeune patient, il était compliqué de les généraliser car les enfants auraient pu s'imaginer des faux symptômes (comme soulignés par les médecins appartenant à l'équipe de la CP), d'où le peu d'activités d'apprentissage généré.
- *Niveaux de difficulté*. Concernant la disparité des niveaux, l'équipe de conception des scénarios avait privilégié des niveaux relativement faciles pour que l'information puisse être assimilée, quitte à décomposer les activités en plusieurs parties plutôt que prendre le risque que le niveau soit plus difficile et que l'information ne soit trop abstraite. Les QCM n'ont pratiquement pas de niveau 3 car ils sont plus faciles à réaliser que les quiz. En effet, par définition les réponses sont indicées, alors qu'il faut fournir une réponse écrite dans les quiz. Il était donc beaucoup plus facile de créer des QCM de niveau 1 et 2. Enfin, en raison de contraintes techniques, les mini-jeux ont mis beaucoup de temps avant d'être conçus, et comme les scénarios étaient déjà conçus et validés, nous avons privilégié les niveaux 2 et 3. Les vidéos d'information n'ont pas de niveau de difficulté car non seulement aucune interaction nécessitant une évaluation n'est demandée, mais en plus elles ont été conçues sur la même base d'animation.

*Prototypage*. La possibilité la plus courante ici est d'utiliser des prototypes basse-fidélité. Produits par les concepteurs à partir des idées générées collectivement, ils servent à présenter aux utilisateurs des solutions afin d'évaluer, valider ou infirmer des concepts ou des interactions, et de choisir ou proposer de nouvelles idées. Dans notre projet, parce que plus un système sera facile d'utilisation et plus les objectifs seront atteints avec efficacité, efficience et satisfaction (ISO 9241-11 : « Utilisabilité - Définitions et concepts »), nous nous sommes penchés sur l'adaptation de l'interface pour les enfants, où non seulement les critères d'ergonomie doivent être respectés dans le cadre de la Conception Centrée Utilisateur (Bastien & Scapin, 1993), mais également ceux de gamification qui, dans le cadre d'une interface d'apprentissage pour les enfants, doivent avoir une place prépondérante (Kapp, 2012). Dans le cadre de notre approche de CP, ces interfaces ont également été améliorées et testées via des ateliers participatifs avec des enfants asthmatiques (lors des ateliers d'ETP) mais aussi sans asthme (dans deux classes en école primaire) (Newell & Gregor, 2000). Nous avons imprimé des maquettes papiers reprenant des styles d'univers différents, et les élèves devaient nous dire ce qu'ils aimaient ou non sur les maquettes, et ce qu'ils voulaient voir à la place. Par exemple, dans la partie haute de l'image ci-dessous, les enfants ont exprimé qu'ils n'aimaient pas les couleurs sombres et qu'ils voulaient voir à la place des éléments sur l'espace avec des couleurs vives. Cela a enclenché la création d'une seconde maquette (milieu), à nouveau présentée dans les classes et dont le personnage principal était un extraterrestre trop « rose » et effrayant, ce qui a abouti à la troisième version (bas).

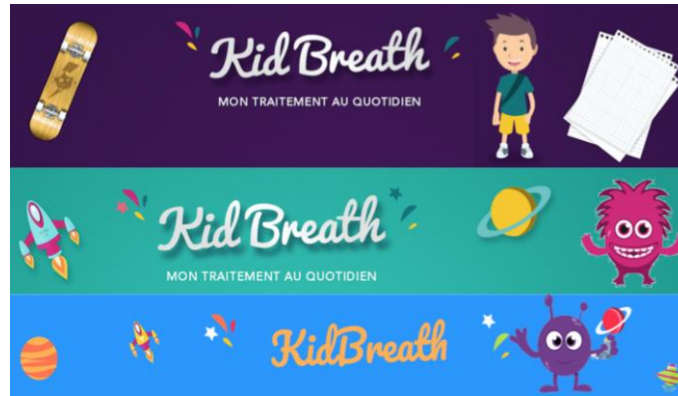


Figure 3.3 : Première (haut), seconde (milieu) et dernière version (bas) de la maquette graphique de KidBreath.

Notre prototype KidBreath, dont l'univers graphique a été construit suite aux derniers retours, est donc composé de quatre parties principales : « *Mon Voyage* », « *Je Découvre la Galaxie* », « *Mon Journal de Bord* » et « *Mon Profil* ».

« *Mon Voyage* » : parcours d'apprentissage sur la maladie, où les quiz et les QCM sont présentés dans le tableau « *Devinettes* » et les mini-jeux dans « *Jeux* » (Figure 3.4 - gauche). Afin de faciliter la compréhension et d'optimiser l'utilisabilité, une double entrée son/texte a été mise en place, où le protagoniste énonce les questions et les corrections (Figure 3.4 - droite). En catégorisant les activités pour une meilleure compréhension de l'interface, nous avons adapté les thématiques décrites dans le chapitre 2 (partie 1.3.3), ce qui donne : Biomédical/Mon corps – Symptômes/Mes signes – Connaissances Générales/ P'tits trucs pour moi – Traitements/Mes médicaments.

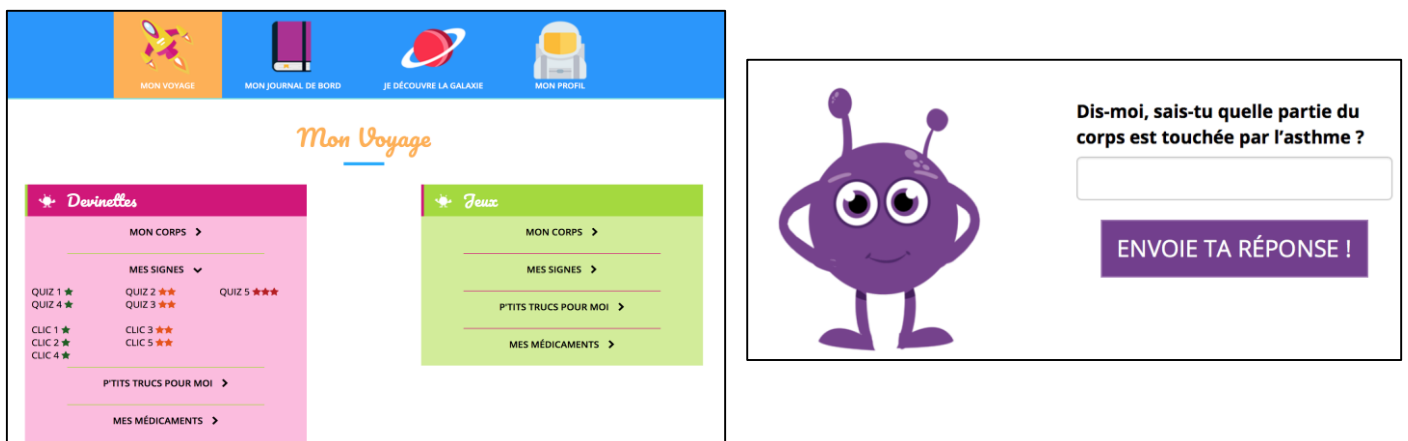


Figure 3.4 : Page « Mon voyage » (à gauche) avec un exemple de quiz (à droite).

« *Je découvre la galaxie* » : vidéos d'animation conçues pour que les enfants asthmatiques en sachent un maximum sur leur pathologie. La sous-partie « *1 jour – 1 idée* » traite des questions ayant été réellement posées par des enfants asthmatiques et dont les réponses sont dans la vidéo avec les conseils associés (ex : « *Est-ce que l'asthme dure toute la vie ?* »). Les vidéos de la sous-partie « *Le savais-tu* » parlent des situations quotidiennes que les enfants peuvent rencontrer, avec les gênes potentielles liées à l'asthme et les conseils pour éviter que ces situations deviennent contraignantes (ex : « *La pollution augmente le risque de rhume des foins* »).

Les parties « *Mon Journal de bord* » et « *Mon Profil* » n'étaient pas actives pour cette version de prototype. Respectivement, il s'agit de la visualisation des scores et du parcours d'apprentissage réalisé dans KidBreath, et de l'affichage des données liées au profil enregistré.

*Evaluation pilote - utilisabilité de l'interface.* Le prototype KidBreath ayant été implémenté avec un échantillon pris dans la base de données des scénarios pédagogiques créés en CP (une quinzaine d'activités), nous avons choisi de mettre en place des tests utilisateurs pilotes pour évaluer l'utilisabilité de son interface (Mackay, 2003). Dans notre cas, les tests se sont déroulés avec 16 pré-testeurs âgés entre 8 et 9 ans dans une école primaire, où pendant deux sessions de 10 minutes les élèves ont joué à notre set d'activités par groupe de 4 ou 5, avec une tablette et un casque audio attribués à chacun. Suite à ces tests, les évaluations ont été réalisées en prenant en compte la facilité d'utilisation du système via le System Usability Scale (SUS) (Brooke, 1996). Il s'agit d'une échelle de Likert à 5 points consistant à noter de le degré de satisfaction et de facilité d'utilisation de l'outil. Bien que ce questionnaire soit validé en anglais, nous avons dû le traduire en français afin qu'il soit compréhensible auprès des enfants. Un second questionnaire a également été rempli, portant sur le degré de motivation à utiliser l'outil via un questionnaire initialement créé dans le cadre d'une interface pour apprendre les mathématiques (Cordova & Lepper, 1996). Ces deux questionnaires ont été passés dans deux conditions de classe : une où les élèves pouvaient choisir n'importe quelle activité ludo-éducative (testeurs libre choix) et une condition où les activités s'affichaient de façon aléatoire, où les élèves devaient terminer l'activité en cours avant de passer à la suivante (testeurs non-choix). Cette étude reste préliminaire car il s'agit ici seulement d'évaluer l'utilisabilité de son interface et d'avoir des retours essentiellement qualitatifs auprès d'un public jeune (non-asthmatique).

Après avoir calculé le score obtenu au SUS, des résultats élevés ont été obtenus (groupe choix : 79.25% ; groupe non-choix : 77.25%) indiquant une bonne tendance (Bangor, Kortum, & Miller, 2008). Nous avons observé une inclination similaire concernant le questionnaire de motivation, où de forts scores ont été notés sans distinction entre les deux groupes (groupe choix :  $m = 76.29\%$  ; groupe non-choix :  $m = 76.05\%$ ). Qualitativement, les comportements ont montré que le système était facile d'utilisation et que les enfants étaient motivés pour continuer à l'utiliser, encore plus pour les quelques enfants asthmatiques présents en classe qui ont montré un réel engagement. La condition où les enfants pouvaient choisir l'activité souhaitée est celle qui a notamment été préférée (beaucoup de plainte pour ceux appartenant à la condition non choix qui souhaitaient faire la même activité que celle du voisin), ce qui correspond à la littérature (Law, Bennett, & Horvitz, 2011; Leotti & Delgado, 2011).

Les retours utilisateurs enregistrés ont ainsi permis d'améliorer l'interface des activités d'apprentissage préliminaires qui avaient été implémentées en version initiale. Dans le contexte de la CP, l'itération des études d'utilisabilité est primordiale, car à partir de ces tests utilisateurs, l'ensemble des scénarios créés en amont ont été implémentés, adaptés et validés par les experts.

#### 3.1.1.3 Formalisation de la CP pour l'éducation en santé

Afin d'abstraire la méthode de conception décrite précédemment, nous avons formalisé l'ensemble des étapes nécessaires à la conception d'un serious game applicables à l'ensemble des maladies chroniques.

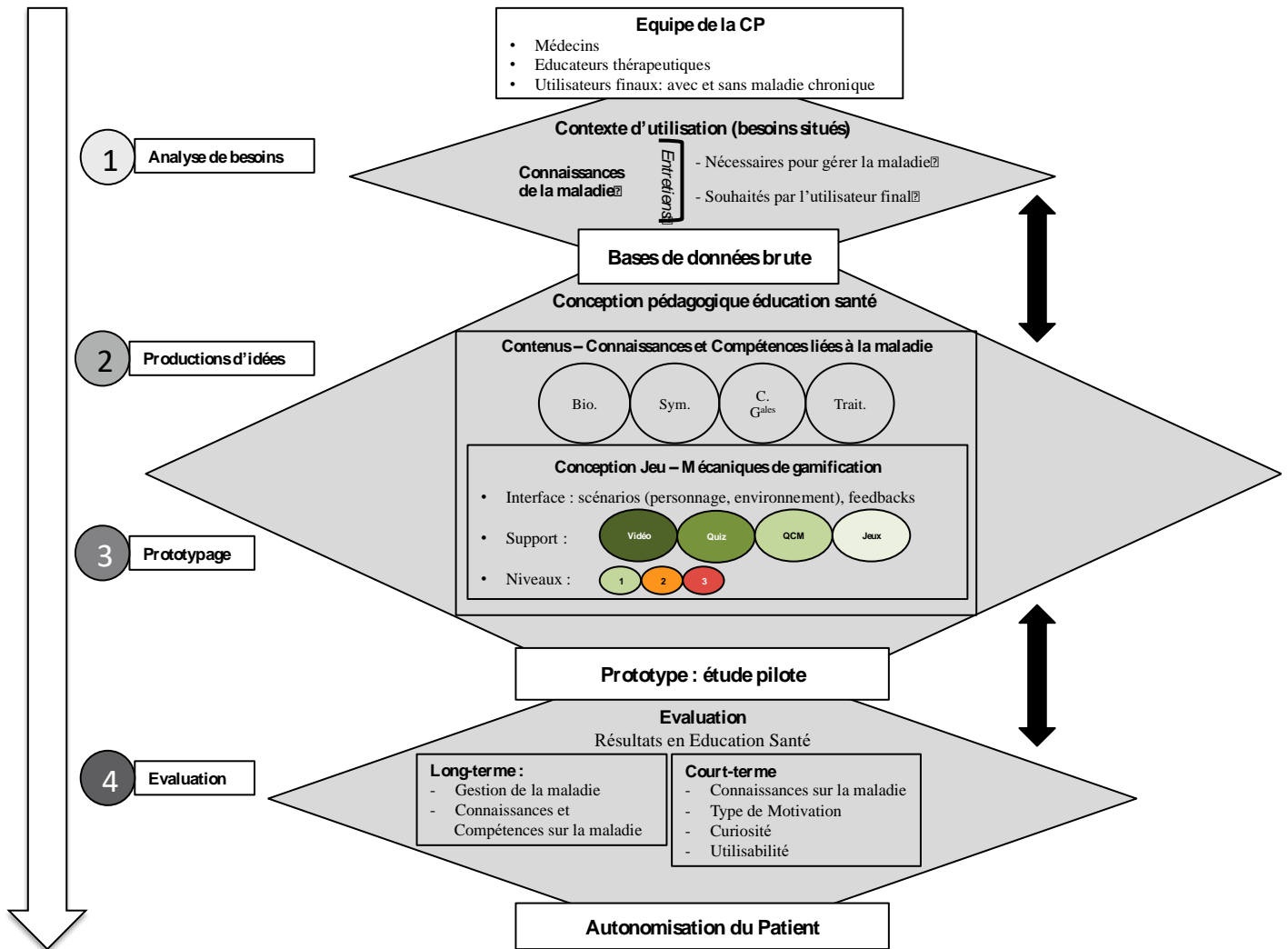


Figure 3.5 : Proposition d'un cadre formel de conception d'activités pédagogiques numériques en santé, basé sur des principes de gamification et en utilisant la méthode de Conception Participative.

### 3.1.2 Evaluation expérimentale

Après cette longue étape de conception, l'objectif était d'évaluer avant déploiement auprès de familles d'enfants asthmatiques l'utilisation de KidBreath en termes de bénéfices pour des enfants non-asthmatiques : d'une part en *efficacité* pédagogique (connaissance), d'autre part en *efficacité* pédagogique (curiosité, motivation, utilisabilité, expérience utilisateur). Après avoir joué à KidBreath en classe pendant six sessions de 15 minutes sur deux semaines, les principaux résultats attendus sont un impact positif au niveau de l'efficacité et de l'efficacité pédagogique avec une bonne acceptation de l'outil, même si les connaissances visées peuvent rester relativement abstraites pour des jeunes enfants non-asthmatiques.

#### 3.1.2.1 Population

*Échantillon.* Les partenaires du projet, en particulier l'association d'éducation à la santé, souhaitent que la valeur pédagogique de KidBreath soit démontrée dans un premier temps auprès d'enfants contrôles avant déploiement auprès des familles d'enfants asthmatiques. Pour cette raison, KidBreath a fait l'objet d'une étude en partenariat avec la direction d'un établissement public de l'académie de Bordeaux (Gironde - 33) par lequel 24 élèves âgés entre

8 et 9 ans (10 garçons, 14 filles ; tous scolarisés en CE2) ont été recrutés pour évaluer notre solution. Bien qu'ils ne soient pas atteints de la pathologie, leur âge similaire permet d'évaluer la qualité de l'expérience utilisateur (utilisabilité de l'interface, motivation suscitée, etc.) car les deux populations ont des centres d'intérêts communs, indépendamment de la pathologie. L'analyse de l'efficacité pédagogique auprès de cet échantillon est également un plus, car si les activités sont compréhensibles chez cette population, elles le seront d'autant plus chez celle avec asthme, directement concernée par les connaissances ciblées.

*Critères d'inclusion et exclusion.* Les critères sont détaillés dans la section 2.2.2. Les élèves scolarisés entre le CE2 et le CM2 étaient éligibles pour la participation de notre étude.

*Ethique.* Présentés en 2.2.3, l'ensemble du protocole ainsi que le descriptif de KidBreath (contenus et données collectées) ont fait l'objet d'une saisine pour accords obtenus par le COERLE, la CNIL, la DSDEN et la direction des écoles. Les enfants qui ont utilisé KidBreath ainsi que leurs parents ont approuvé et signé un consentement éclairé.

#### 3.1.2.2 Mesures et procédure

##### *Questionnaires utilisés.*

Les questionnaires qui suivent ont été complétés par les enfants durant cette étude, et sont détaillés en 2.3.

- Asthma Knowledge Questionnaire – AKQ (Al-Motlaq & Sellick, 2011) ;
- Diabete Knowledge Questionnaire – DKQ)<sup>16</sup> ;
- Fun Toolkit (MacFarlane et al., 2005). Dans notre étude, nous l'avons mis en place de la façon suivante :
  - *Smileyometer.* Nous avons fait passer le smileyometer en français aux enfants, avant et après avoir joué sur KidBreath en leur demandant d'entourer le smiley qui correspond à ce qu'ils pensent de l'outil. Les scores sont classés de 1 = « Affreux » à 5 = « Génial » (max.score = 5) ;
  - *Fun Sorter.* Nous avons distingué deux classements :
    - Le premier consistait à classer l'élément le plus amusant entre l'icône « Mon voyage » (composée des « Devinettes » et des « Jeux ») et l'icône « Je découvre la galaxie » (composée des deux types de vidéos d'animation). L'item le plus amusant était scoré à 1, contre 0 pour le second (max.score = 1) ;
    - Pour le deuxième classement, les enfants devaient classer de 1 (score = 3) à 4 (score = 0) les éléments les plus utiles pour apprendre l'asthme, entre les icônes « Devinettes », « Jeux », « Le savais-tu », « 1 jour – 1 idée » (max.score = 6 (0 + 1 + 2 + 3)) ;
  - *Again Again.* Nous avons demandé aux enfants si oui (score = 2), peut-être (score = 1) ou non (score = 0) ils souhaitaient refaire ou revoir les quatre éléments précités. Pour que la tâche soit la plus divertissante possible, nous avons mis les éléments à classer sous forme de petits papiers correspondant aux éléments à coller dans un tableau (max. score = 8).
- *Questionnaire de Motivation – Echelle de Motivation en Education.* Echelle de 21 items, composée de trois items par catégorie de motivation (cf 2.3). Les scores s'étalent de 0 (aucune raison cochée dans une sous-catégorie donnée) à 3 (maximum des raisons cochées dans une catégorie donnée). Dans le questionnaire, nous avons assigné de façon aléatoire l'ordre des items à cocher pour ne pas avoir un effet d'habituation.

16 Issu du site <https://www.quiz.biz/quiz-948885.html>

- *Curiosité.* Basé sur la génération de questions témoignant de l'intérêt porté (Gordon et al., 2015; Harris, 2012), nous avons demandé à chaque élève en post-utilisation de poser un maximum de questions sur l'asthme concernant les sujets qu'ils souhaitaient connaître, et auxquelles KidBreath pourraient répondre à travers d'autres activités qui seraient créées dans la version suivante. Les scores associés à cette variable sont donc le nombre de questions qui a été posé, allant de 0 (aucune question) à un score maximum.

*Analyse des logs.* Afin de vérifier si les activités sont « explorées » selon un ordre déterminé, les logs de connexion de chaque enfant pour la partie « Devinettes » ont été enregistrés (identifiant, dates et heures de début et de fin pour chaque activité lancée). Chaque activité était catégorisée par thématique (Biomédical : B ; Symptômes : S ; Connaissances Générales : C ; Traitements : T) et par niveau de difficulté (de 1 à 3).

*Procédure.* La procédure relative à l'étude présentée ici se compose en six sessions expérimentales qui se sont déroulées sur deux semaines (lundi / mercredi / vendredi). Ci-dessous se trouve le schéma reprenant le déroulement de chaque session, où nous avons demandé aux élèves de jouer individuellement à chaque partie de KidBreath pendant 15 minutes sur les trois ordinateurs situés au fond de la classe (Figure 3.6).

Tableau 3.2 : Tableau reprenant la procédure utilisée (sessions successives de 1 à 6).

Session 1	Session 2	Session 3	Session 4	Session 5	Session 6
1) Asthma & Diabete Knowledge questionnaires 2) Fun Toolkit - Smileyometer 3) 15 min d'utilisation de KidBreath (Quiz & QCM)	1) 15 min d'utilisation de KidBreath (Quiz & QCM) 2) Fun Toolkit - Smileyometer	Questionnaires : 1) Curiosité 2) Asthma & Diabete Knowledge questionnaires	15 min d'utilisation de KidBreath (Vidéo)	1) 15 min d'utilisation de KidBreath (Jeu) 2) Fun Toolkit - Smileyometer	Questionnaires : 1) Motivation 2) Fun Toolkit - Fun Sorter 3) Fun Toolkit - Again Again 4) Curiosité



Figure 3.6 : Session d'utilisation de KidBreath dans la classe de CE2.

L'évaluation des connaissances en post-condition n'a été réalisée qu'en session 3 (après l'utilisation des quiz et QCM) car pour des contraintes techniques, nous n'avons pas pu obtenir les enregistrements concernant les jeux et les vidéos.

*Traitement statistique.* Les analyses de données ont été réalisées sous IBM SPSS Statistics 20. Les statistiques descriptives ont été calculées avec les scores obtenus individuellement aux questionnaires associés.



Pour évaluer l'efficacité pédagogique de KidBreath, nous avons comparé les scores de connaissances relatives à l'asthme avant et après utilisation de KidBreath, à l'aide du test T de Student (effet pre- vs. post-intervention). Pour spécifier l'effet de KidBreath, nous avons fait la même procédure de comparaison « pré- vs. post » sur un questionnaire de connaissances sur le diabète.

Pour évaluer l'efficacité pédagogique, nous avons évalué l'effet de KidBreath selon le type de motivation mesuré par le questionnaire de Motivation. A cela, les mesures issues du Fun Toolkit et de Curiosité ont été moyennées.

Enfin, pour sonder les liens entre efficacité pédagogique et efficacité pédagogique, des corrélations ont été calculées entre les variables associées à l'apprentissage de l'asthme (gains, score post) et les variables associées à l'expérience utilisateur (questionnaire de Motivation, Fun Toolkit).

Un niveau de significativité de 0.05 a été utilisé à travers toutes les analyses.

## 3.1.3 Résultats

### 3.1.3.1 Efficacité pédagogique

*Pour tous les participants.* Les deux graphiques ci-dessous rapportent les scores obtenus en pré- et post-utilisation de l'outil KidBreath pour chaque participant aux questionnaires de connaissance sur l'asthme et sur le diabète (mesurés respectivement avec Asthma Knowledge Questionnaire - AKQ et Diabete Knowledge Questionnaire - DKQ). Nous y avons ajouté les gains relatifs d'apprentissage calculés avec la formule suivante :

$(\text{score post-utilisation} - \text{score pré-utilisation}) / (\text{score post-utilisation} + \text{score pré-utilisation})$ .

Dans la Figure 3.7, ces gains sont classés du plus faible au plus important. Comme nous le montre ce graphique, les résultats ont révélé des corrélations significatives entre le score obtenu au questionnaire de connaissance sur l'asthme en pré-utilisation de KidBreath et le gain d'apprentissage associé ( $r = -.569$  ;  $p = .006$ ), montrant que les élèves dont les gains d'apprentissage sont les plus importants sont ceux qui ont eu les plus faibles scores en pré-utilisation.

Afin de vérifier si les élèves qui avaient les gains d'apprentissage les plus élevés pour l'asthme étaient également ceux qui avaient les gains les plus importants pour le diabète, dans la Figure 3.8 nous avons classé les participants dans le même ordre qu'ils apparaissaient en Figure 3.7. Les quatre participants (P1 à P4, soit 18% des participants) ayant les gains d'apprentissage négatifs sur l'asthme n'ont pas les gains d'apprentissage sur le diabète corrélé. Etant donné qu'ils n'ont pas plus de connaissances sur une maladie par rapport à l'autre, nous pouvons supposer que leurs réponses ont été aléatoires. Des analyses supplémentaires effectuées chez ces quatre participants ont en effet montré qu'ils avaient davantage sélectionné les items « Ne sais pas » aux questions posées dans les deux questionnaires (score AKQ en post-utilisation :  $m_{\text{sans gain}} = 38\%$  vs.  $m_{\text{avec gain}} = 27\%$  ; score DKQ en post-utilisation :  $m_{\text{sans gain}} = 53\%$  vs.  $m_{\text{avec gain}} = 36\%$ ). Afin que la population soit la plus représentative possible, nous avons alors focalisé nos analyses sur les participants qui avaient un gain d'apprentissage, où les réponses fournies correspondent de façon plus vraisemblable aux connaissances réelles des utilisateurs. La partie suivante détaille ainsi les analyses statistiques concernant l'efficacité pédagogique auprès de cette population.

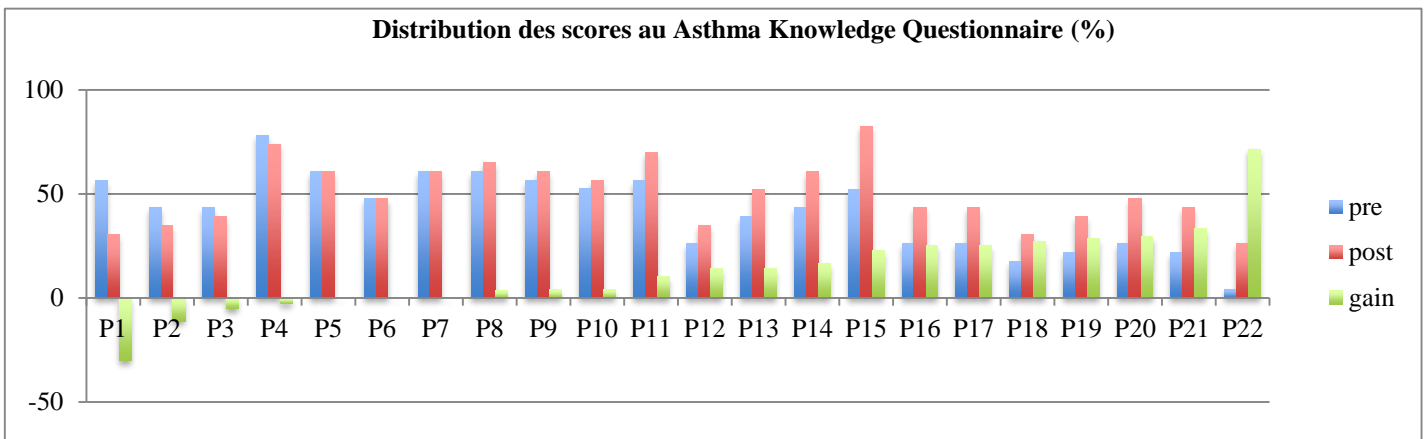


Figure 3.7 : Pourcentage des scores obtenus pour chaque participant au Asthma Knowledge Questionnaire (AKQ) en pré-utilisation, post-utilisation, et en gain d'apprentissage [(post-pre)/(post+pre)].

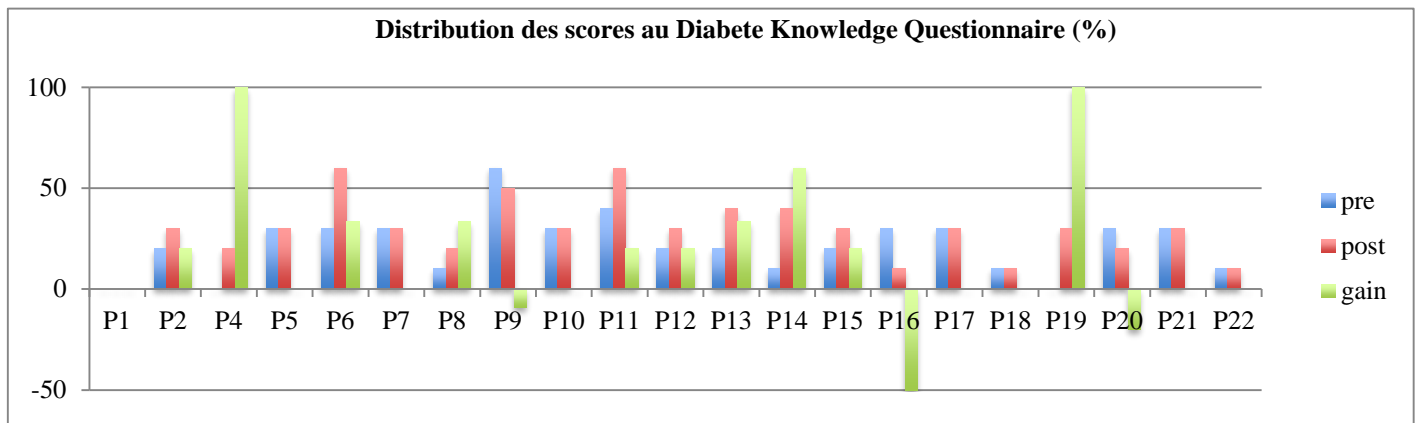


Figure 3.8 : Pourcentage des scores obtenus pour chaque participant au Diabete Knowledge Questionnaire en pré-utilisation, post-utilisation, et en gain d'apprentissage [(post-pre)/(post+pre)]. Le sujet P3 n'est pas inclus car il n'a pas complété correctement le questionnaire.

Pour les enfants avec gain d'apprentissage sur l'AKQ. La comparaison pré-post utilisation de KidBreath révèle une amélioration des connaissances au questionnaire sur l'asthme ( $t(17) = 5.97$  ;  $p < .05$ ), avec une taille de l'effet élevée ( $\eta^2 = .67$ ). Une telle amélioration pré-post n'est pas observée sur le questionnaire de connaissance sur le diabète ( $t(17) = 1.94$  ;  $p = .07$  ;  $\eta^2 = .18$ ). D'après le graphique ci-dessous, même si les enfants ont de meilleurs scores initiaux au questionnaire sur l'asthme comparé au diabète, ils ont une amélioration significative après une utilisation de deux semaines sur l'asthme, contrairement au diabète.

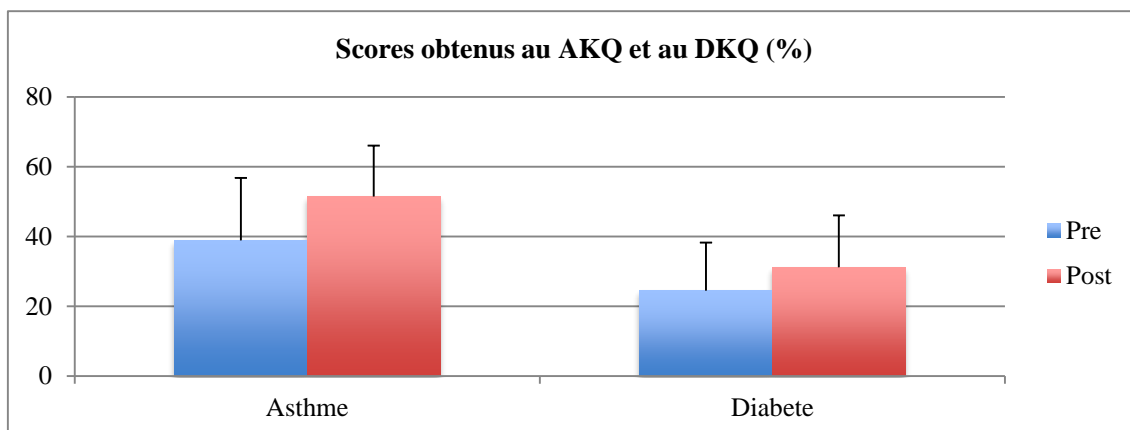


Figure 3.9 : Moyennes et barres d'écart-type des scores des élèves obtenus en pré et post-utilisation de KidBreath sur les questionnaires de connaissance de l'asthme et du diabète.

3.1.3.2 *Efficiences pédagogiques*

Comme dans la section précédente, nous avons départagé les résultats entre les participants qui avaient obtenu un gain d'apprentissage ou non. Cette distinction nous permet de mettre en exergue les différents scores obtenus sur les questionnaires liés à l'efficacité pédagogique (questionnaires de Motivation, Fun Toolkit, Curiosité), afin de déterminer si, comme pour les questionnaires de connaissance, les élèves sans gain ont répondu de façon aléatoire.

*Pour les enfants sans gain d'apprentissage.* Parmi les quatre participants concernés, deux d'entre eux ont manqué la session finale associée à l'évaluation de l'efficacité pédagogique. Pour cette raison, un simple examen des moyennes des scores obtenus aux questionnaires liés à l'efficacité pédagogique est réalisé. Nous observons que ces élèves avaient un score d'amotivation élevé atteignant presque celui de la motivation intrinsèque. Les scores au Fun Toolkit sont élevés. De façon similaire, le questionnaire de Curiosité a obtenu un score relativement élevé.

Tableau 3.3 : Moyenne (écart-type) des scores des élèves sans gain d'apprentissage sur l'asthme concernant les questionnaires de Motivation, Fun Toolkit, Curiosité.

Motivation			Fun Toolkit	Curiosité
Amotivation	ME	MI		
2.00 (1.24)	1.50 (0.24)	2.67 (0.00)	16.50 (0.71)	2.00 (2.83)

ME : Motivation Extrinsèque ; MI : Motivation Intrinsèque

*Pour les enfants avec gain d'apprentissage.* Parmi les 18 participants concernés, un élève était absent lors de la session finale d'évaluation concernant l'efficacité pédagogique, il n'a donc pas pu être inclus dans les analyses suivantes. Sur les mesures de motivation, l'ANOVA à 1 facteur en mesures répétées (type de motivation : Amotivation, Motivation Extrinsèque, Motivation Intrinsèque) révèle un effet significatif [ $F(2,32) = 22.43$  ;  $p < .0001$  ;  $\eta^2 = .584$ ], indiquant des scores supérieurs sur la condition Motivation Intrinsèque comparé aux deux autres conditions (Amotivation :  $p < .0001$  ; Motivation Extrinsèque :  $p = .05$ ).

Les résultats au Fun Toolkit révèlent des scores très élevés (max.score = 20), témoignant d'une expérience utilisateur positive chez les utilisateurs avec gain. Ces scores sont d'ailleurs significativement supérieurs à ceux des enfants sans gain d'apprentissage (Test Mann-Whitney :  $p = .05$ ).

De la même manière, l'indicateur de curiosité suscitée révèle que KidBreath a généré chez les participants un intérêt à « creuser » leurs connaissances sous forme de questions (environ 3) transmises aux expérimentateurs.

Tableau 3.4 : Moyenne (écart-type) des scores obtenus par les élèves avec gain d'apprentissage sur l'asthme concernant les questionnaires de Motivation, Fun Toolkit, Curiosité.

Motivation			Fun Toolkit	Curiosité
Amotivation	ME	MI		
1.24 (0.90)	1.75 (0.68)	2.75 (0.34)	18.28 (5.21)	2.78 (1.99)

ME : Motivation Extrinsèque ; MI : Motivation Intrinsèque

3.1.3.3 *Relation entre efficacité pédagogique, progrès d'apprentissage et motivation intrinsèque suscitée.*

Parmi les participants ayant un gain d'apprentissage sur l'asthme, un élève était absent durant la session 6 (cf. Tableau 3.2), il n'a donc pas pu être inclus dans les analyses suivantes.

Pour sonder les relations entre efficacité pédagogique, progrès d'apprentissage et motivation générée, des corrélations ont été calculées entre les variables suivantes :

- Score obtenu au questionnaire de connaissance sur l'asthme en post-utilisation de KidBreath (score d'efficacité pédagogique) ;
- Score de Amotivation, Motivation Extrinsèque (ME), Motivation Intrinsèque (MI).

Seulement une corrélation est significative. En effet, le score du questionnaire de connaissances sur l'asthme en post-utilisation et le score des items de motivation intrinsèque (associé au questionnaire de motivation) corrèlent positivement ( $r = .572$  ;  $p = .016$ ), indiquant que les enfants qui ont les plus forts scores de connaissance sur l'asthme sont les plus motivés intrinsèquement.

A titre exploratoire, des corrélations ont été réalisées pour les mesures de Fun Toolkit et l'indicateur de curiosité avec le score d'efficacité pédagogique et le gain d'apprentissage. Aucune d'entre elles n'a atteint la significativité.

Il ne nous est pas apparu pertinent de réaliser ces corrélations chez les élèves sans gains d'apprentissage sur l'asthme car parmi les quatre participants concernés, deux d'entre eux ont manqué la session finale associée à l'évaluation de l'efficience pédagogique.

### 3.1.3.4 Parcours auto-initiés dans KidBreath chez les élèves avec gain

Afin d'analyser les stratégies d'exploration spontanée des élèves lorsqu'ils devaient choisir les activités à réaliser, nous avons choisi d'utiliser Circos (Krzywinski et al., 2009), dont la sortie graphique est présentée dans les deux figures ci-après (Figures 3.10 et 3.11). Cet outil logiciel permet en effet de visualiser les transitions effectuées par les utilisateurs entre chaque activité grâce aux données récupérées durant les sessions d'enregistrement. Ces figures permettent de visualiser les transitions entre chaque activité au cours des sessions d'utilisation de KidBreath représentées par les lignes bleues incurvées. Une transition commence sur une activité, située sur la partie jaune de ladite activité, et se termine sur une autre activité, dans la partie marron avec une flèche (certaines transitions ont été supprimées pour mettre en exergue les plus pertinentes, d'où le fait de voir des flèches sans lignes associées). L'épaisseur de la ligne correspond au nombre d'élèves qui réalise la transition. Le temps est représenté par la nuance de couleur, où les plus claires représentent les activités qui ont été faites les plus précocement, tandis que les plus sombres sont celles les plus tardives. Cette visualisation des données permet de voir le « chemin » suivi par les élèves en jouant à KidBreath.

*Pour les enfants avec gain d'apprentissage.* Les enfants avec gain ont majoritairement été sur les deux premiers niveaux de difficulté, et ont peu exploré le troisième niveau, comme le révèlent les courbes qui sont beaucoup plus fines sur B3, S3, C3, T3. Cette exploration nous montre bien que les enfants, d'eux-mêmes, vont d'abord analyser les activités d'apprentissage les plus faciles à réaliser, comme ils le feraient à l'école sur un nouveau sujet d'apprentissage, ce qui confirme notre intuition initiale lors de la conception de ne pas trop s'attarder sur des activités d'apprentissage de niveau difficile, car elles n'auraient pas été exploitées.

Concernant les activités réalisées, les transitions régulières telles que  $S1 \rightarrow C1$ ,  $T1 \rightarrow B1$  mais aussi  $S2 \rightarrow C2$  et  $B2 \rightarrow T2$  restent logique, car la disposition des thématiques suit un ordre de lecture (voir Figure 3.4), avec de haut en bas : Mon corps (B), Mes signes (S), P'tits trucs pour moi (C), et Mes médicaments (T). La dernière transition montre qu'une fois les activités dans T1 réalisées, les élèves reviennent au début et recommencent celles de B1.

Au total, l'analyse des chemins d'exploration révèle que les quatre catégories sont visitées selon l'ordre déterminé par l'affichage sur l'interface mais sont spontanément explorées selon le niveau de difficulté par l'élève.

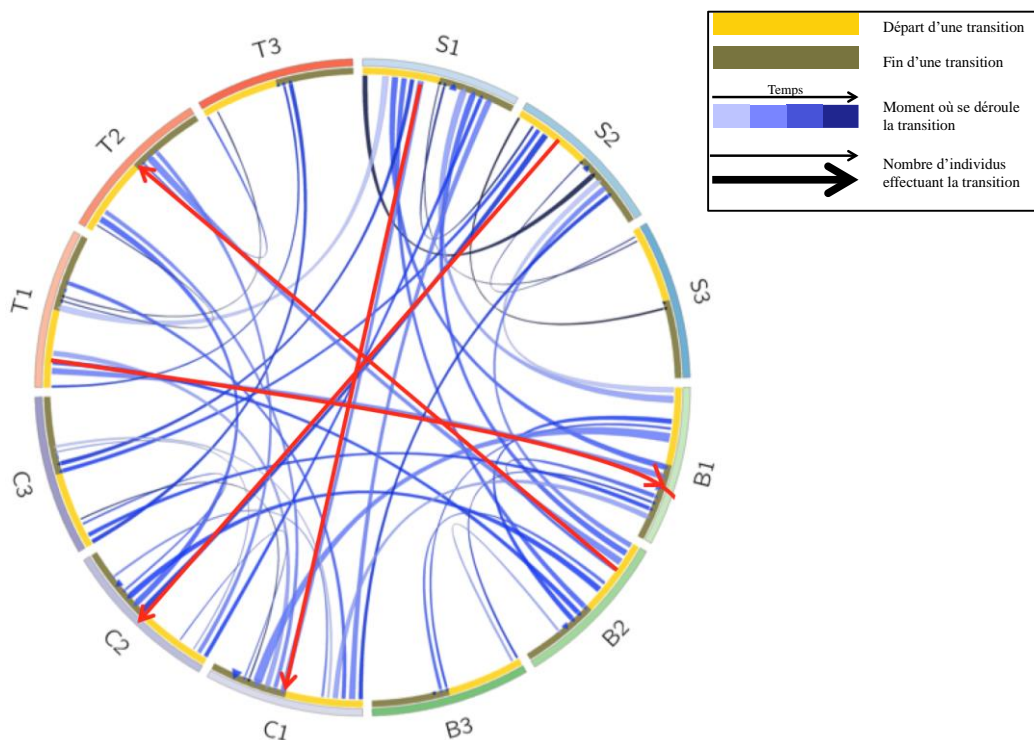


Figure 3.10 : Circos d'exploration pour les élèves avec gain d'apprentissage sur l'asthme (n = 18).

*Pour les enfants sans gain d'apprentissage.* L'analyse des stratégies d'exploration de ces élèves révèle qu'ils présentent une diversité de parcours dans leurs activités. En effet, comme le montre la figure ci-après, bien qu'ils aient réalisé des activités en commençant par la catégorie Biomédical (transitions plus claires) pour terminer aux catégories des Traitements (transitions plus sombres), les explorations portent davantage sur l'ensemble des activités. De plus, ils ont été majoritairement sur les activités Traitements – niveaux 2 et 3, ce qui semble surprenant car il s'agit de la catégorie où les élèves, qui n'ont pas d'asthme, devraient se sentir les moins concernés.

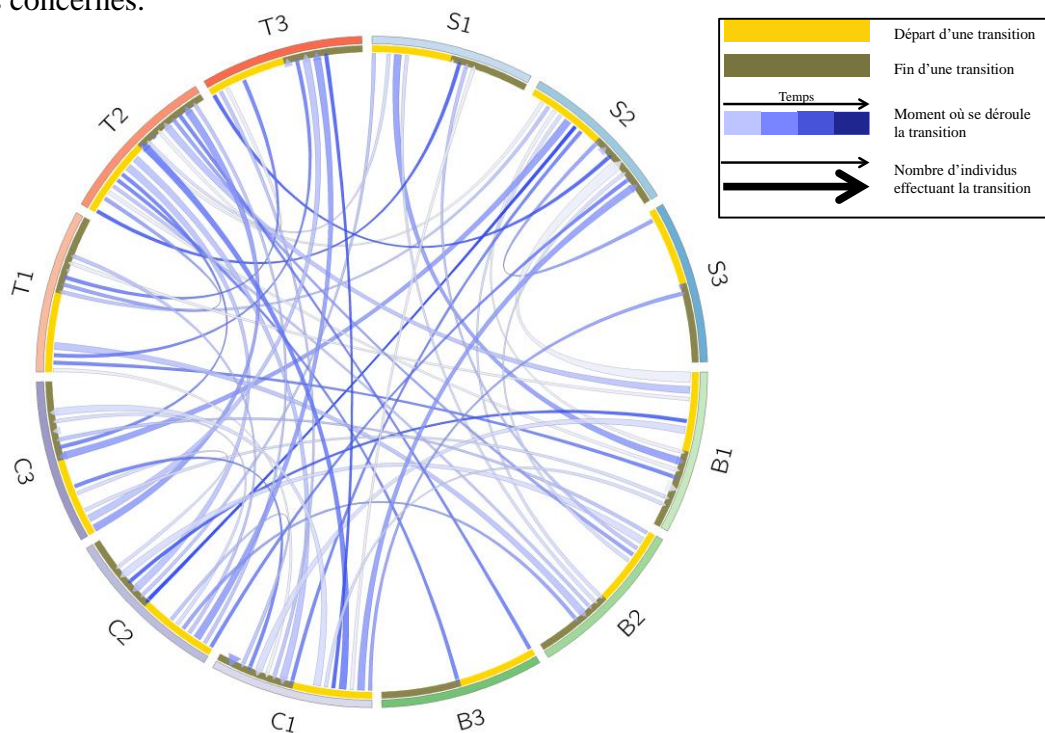


Figure 3.11 : Circos d'exploration pour les élèves sans gain d'apprentissage sur l'asthme (n = 4).

### 3.1.4 Discussion et conclusion

La plateforme d'apprentissage en ligne KidBreath est composée de nombreuses activités ludoéducatives sur l'asthme ayant bénéficié d'une démarche de Conception Participative (CP). Dans notre contexte, la CP a permis de faire des extractions de contenus pédagogiques à acquérir dirigées par les besoins des parties prenantes, qui étaient composées non seulement d'experts en contenu médical, d'experts en contenu pédagogique dans l'éducation thérapeutique, mais aussi avec des utilisateurs finaux, où de nombreux focus groups ont été réalisés afin de vérifier l'utilisabilité du système. Le Tableau 3.1 illustre l'intérêt d'une telle démarche, où les contenus par domaine de compétence à acquérir ne sont pas équilibrés. En effet, il n'est pas rare que pour la conception d'un outil numérique d'apprentissage de type logiciel/serious game, les intervenants ne soient composés que d'équipes techniques et d'ingénierie. Les activités d'apprentissage générées, sans prendre en compte les besoins des utilisateurs, s'inscrivent alors de façon plus homogène dans les différents domaines de compétence à acquérir. Dans un but d'éducation en santé plus générique, il nous est apparu nécessaire de déployer cette méthode de conception à l'ensemble des maladies chroniques que l'on souhaiterait évaluer en terme d'utilisabilité. Nous l'avons formalisé en Figure 3.5 afin de proposer une référence pour de nouvelles études de conception de serious game à visée thérapeutique.

#### 3.1.4.1 Efficacité et efficacité pédagogique de KidBreath

Avant de se concentrer sur les bénéfices thérapeutiques que pouvait générer l'utilisation de l'outil auprès de jeunes patients comme l'ont fait d'autres équipes de conception de serious games, nous avons souhaité vérifier en amont si le système avait un impact pédagogique, en termes d'efficacité et d'efficience. Nous avons alors fait jouer des élèves non-asthmatiques dans une classe pendant deux semaines : si nous voulons que l'outil soit utilisé auprès d'une population ayant la même tranche d'âge, il nous est paru en effet essentiel de tester ces critères avant même de vérifier si l'outil a un impact thérapeutique.

Concernant l'efficacité pédagogique de KidBreath, 82% des enfants présentent des gains d'apprentissage sur l'asthme en post-utilisation de KidBreath. Pour ces enfants, les résultats montrent une amélioration des connaissances significativement plus importante concernant l'asthme par rapport à une maladie non abordée par KidBreath qui est le diabète. Des résultats similaires ont été relevés parmi les évaluations mises en place dans les différents serious games détaillés dans le chapitre 2 (section 2.2), auprès de populations souffrant d'une maladie chronique visée par l'outil en question. Dans notre situation, où la population est composée d'enfants sans pathologie chronique, ce résultat est fortement encourageant car les informations véhiculées par l'outil sont relativement abstraites pour des enfants ne se sentant pas forcément concernés par la pathologie, ce qui laisse supposer que l'impact sera d'autant plus grand auprès de la population cible. Cette efficacité pédagogique est renforcée par la corrélation négative relevée entre les gains d'apprentissage et les scores obtenus au questionnaire de connaissance sur l'asthme en pré-utilisation de KidBreath, montrant que les bénéfices d'apprentissage liés à l'utilisation de l'outil ont eu plus d'impact auprès de ceux qui en avaient le plus besoin. En sachant que la population asthmatique a un niveau de connaissance initiale plus importante que les enfants « contrôle », les besoins en matière de connaissance sur l'asthme sont également plus importants, par conséquent les bénéfices d'apprentissage générés par l'utilisation de l'outil seront également présents. Pour autant, sur notre échantillon, 18% des enfants n'ont pas eu de gains d'apprentissage sur l'asthme. Ces participants ont été traités séparément dans nos analyses, aux vues de leur propension à répondre aléatoirement, tendance renforcée par leur nombre d'items « Ne sais pas » qui ont été cochés dans ces questionnaires et qui sont plus importants que la population avec gain.

Au niveau efficacité pédagogique, nous avons souhaité vérifier quel type de motivation pouvait être généré par l'utilisation d'un tel outil d'apprentissage. Ce critère est primordial à prendre en compte comme levier éducatif car il suppose une garantie d'utilisation sur du court ou moyen-terme. Surtout utilisé dans le système éducatif (Vallerand, Fortier, & Guay, 1997), il est peu exploité dans la conception d'outil numérique d'apprentissage (Cordova & Lepper, 1996), et les serious games en santé relevés n'en font pas mention dans leurs évaluations. Dans notre cas, chez les enfants ayant un gain d'apprentissage, une forte motivation intrinsèque est associée à KidBreath et celle-ci est positivement liée aux scores de connaissances sur l'asthme en post-utilisation. À la lumière des corrélations obtenues, l'efficacité de KidBreath semble plus liée à une motivation intrinsèque qu'à une motivation extrinsèque. Cela garantit probablement une motivation chez les enfants à une utilisation de l'outil au moins à moyen-terme, et dans le cas d'enfants asthmatiques, cela présuppose un impact d'amélioration de l'adhésion thérapeutique.

Aucune corrélation significative n'a été observée entre les scores d'apprentissage et le score associé à la curiosité. Toutefois, les élèves ont quand même porté un certain intérêt à la pathologie car ils ont posé près de trois questions en moyenne après y avoir joué, intérêt qui serait donc d'autant plus grand pour notre population asthmatique, beaucoup plus sensibilisée. Pour les élèves sans gain d'apprentissage sur l'asthme, les scores relatifs à l'efficacité pédagogique de KidBreath sont identiques ou légèrement plus faibles que ceux présentés par les élèves avec gain, excepté pour l'item « amotivation » où une augmentation significative est relevée. Cette observation renforce notre interprétation concernant le désintérêt qu'ont pu avoir ces élèves et l'abandon qui en découle, tout en restant représentative de ce qu'on peut observer dans le cadre d'abandon scolaire (Vallerand et al., 1997). Même si ces enfants ont pu choisir les activités à réaliser, il serait intéressant de leur proposer des contenus personnalisés en fonction de leurs connaissances initiales et de leur vitesse d'apprentissage, pour les maintenir motivés et éviter le décrochage d'apprentissage.

Sur les aspects expérience utilisateur de KidBreath chez les enfants, les hauts scores au Fun Toolkit montrent le degré de satisfaction (*enjoyement*) et de facilité d'utilisation, nous indiquant que l'interface est assez ludique et ergonomique pour des populations non-asthmatiques. En effet, les résultats proches du score.max reflètent d'une part le plaisir qu'ils ont à réaliser les activités, mais aussi la volonté de réaliser de nouveaux les activités du même genre (quiz, QCM, jeux, vidéos).

Enfin, les stratégies d'exploration spontanées analysées par les Circo confortent l'efficacité pédagogique de KidBreath : les enfants avec gain visitent plutôt les niveaux faciles et suivent une logique de progression. Ces résultats renforcent notre méthodologie de conception favorisant les deux premiers niveaux, et nous indiquent que le manque d'activité de niveau 3 n'est donc pas déterminant dans la progression de l'apprentissage. Cette analyse d'exploration en apprentissage de la santé n'apparaît pas dans les autres serious games évalués, montrant bien que les besoins des patients ne sont pas pris en compte et que leurs systèmes d'apprentissage restent linéaires, sans logique de progression adaptée.

#### 3.1.4.2 Limitations

L'étude réalisée comporte cependant plusieurs limites.

Tout d'abord, le peu de participants inclus dans l'étude est une limite. Pour autant, ils sont suffisants pour représenter les différents profils d'apprenants à l'échelle d'une classe (moins de 20% de « décrocheurs »). Nous avons mis dans un second groupe les enfants sans gain d'apprentissage sur l'asthme pour la simple et bonne raison que leurs réponses semblaient plus porter sur l'ordre de l'aléatoire que de la réelle réflexion. Bien que quatre au début de l'étude, deux élèves étaient absents dans la session finale d'évaluation, donc les résultats observés sont plus indicatifs pour ces élèves.

Deuxièmement, l'inclusion de participants non-asthmatiques lors de la phase d'évaluation peut être vue comme une limite. Cependant, il était primordial pour les cliniciens et éducateurs thérapeutiques de réaliser une étude exploratoire pour une mise en exergue de la valeur pédagogique de l'outil, avec des impacts à court-terme sur l'utilisabilité, la motivation engendrée et l'intérêt porté auprès d'enfants contrôles. Dans l'hypothèse où les activités créées sont bénéfiques auprès d'une population non touchée par la pathologie, ces bénéfices seraient observés de façon majorée chez la population cible concernée directement par la maladie (plus forte motivation intrinsèque).

Troisièmement, la condition contrôle pour évaluer l'efficacité pédagogique de KidBreath aurait pu être élaborée différemment que la simple complétion du DKQ. En effet, le DKQ fait ici office de questionnaire « contrôle », car les enfants ont une tendance inhérente à la curiosité, et à aller chercher les informations correspondant aux sujets du jour. Ici, en ayant complété l'AKQ et le DKQ en pré-utilisation, les enfants auraient pu aller demander des renseignements supplémentaires aux parents concernant l'asthme et le diabète. N'ayant pas été le cas, cette simple condition contrôle a pu mettre en avant que l'augmentation des connaissances sur l'asthme n'a été due que par la simple utilisation de KidBreath, et non parce que les enfants ont demandé des informations à un tiers. Néanmoins, nous aurions pu renforcer le rôle de cette condition contrôle, et ainsi la démonstration de l'impact de l'efficacité pédagogique de KidBreath, en ajoutant une brochure d'information sur le diabète, que les enfants auraient pu lire parallèlement aux sessions l'utilisation de KidBreath.

Quatrièmement, les résultats positifs de KidBreath peuvent s'expliquer en grande partie par les mécaniques de gamification intégrées à l'outil pour optimiser l'impact à court-terme de KidBreath. Nous aurions pu réaliser l'étude avec une condition contrôle où les activités d'apprentissage auraient été réalisées en format papier, seulement l'interaction apprenant-apprenant aurait été différente. En effet, dans notre étude l'enfant est en autonomie, comme l'usage le prévoit en condition réelle d'utilisation, alors qu'avec des maquettes papier l'enfant aurait dû être guidé pour pouvoir évoluer dans l'utilisation du système. De plus, l'objectif de notre étude n'était pas d'étudier précisément les processus de gamification mais d'en vérifier l'efficacité lors de l'évaluation d'un serious game conçu de manière participative. Sur ce dernier point, il aurait été pertinent de faire une étude comparant les résultats obtenus avec KidBreath à ceux obtenus avec des contenus créés par un ingénieur pédagogique, où les domaines de compétences à acquérir seraient certes plus équilibrés, mais où les besoins réels des utilisateurs ne seraient pas pris en compte.

Cinquièmement, les résultats concernant le lien positif entre l'efficacité pédagogique et la motivation intrinsèque sont également à prendre avec précaution. En effet, les enfants qui ont eu les meilleurs scores en post-utilisation pourraient tout simplement être motivés parce qu'ils ont un ou des membres de la famille qui ont de l'asthme.

Sixièmement, il aurait été intéressant d'analyser de façon plus approfondie l'exploration des activités réalisées avec les CircoS, en étudiant notamment l'utilisation des jeux et des vidéos afin de vérifier si les stratégies mises en place sont similaires pour des activités plus ludiques.

Enfin, bien que les enfants aient eu le choix des activités en exploration spontanée, la dimension de personnalisation reste à approfondir. En effet, chaque individu a un niveau de connaissance initial et une capacité d'apprentissage différents. Des Systèmes Tutoriels Intelligents (STI) ont été créés dans le domaine éducatif, notamment l'apprentissage des mathématiques (Clement et al., 2015) où les exercices de mathématiques sont proposés à chaque élève de façon personnalisée grâce à un algorithme d'optimisation d'apprentissage. Ayant obtenu des résultats concluants, il serait alors intéressant pour des travaux futurs de tester ces algorithmes dans le domaine des maladies chroniques et d'en évaluer l'efficacité thérapeutique par rapport à un système d'apprentissage linéaire, et notamment pour les élèves ne présentant pas de gain d'apprentissage avec la version actuelle de KidBreath. En effet, les



résultats plus faibles d'efficacité et d'efficience pédagogique relevés avec les élèves ayant un gain d'apprentissage négatif sur l'asthme illustrent ce besoin de personnaliser les activités, pour minimiser les risques d'abandon d'utilisation.

#### *3.1.4.3 Conclusion*

Notre étude est la première du domaine de l'éducation thérapeutique à concevoir et formaliser une méthode de conception CP pour les serious games visant les maladies chroniques chez l'enfant. Avec cette méthode, KidBreath a été conçu et évalué positivement auprès d'enfants : les connaissances liées à l'asthme ont été améliorées chez plus de 80% des participants et cette amélioration est associée à la fois à une motivation intrinsèque élevée et à une expérience utilisateur positive.

Pour autant, notre étude souligne les efforts à conduire en conception et en évaluation des serious games dans le but d'améliorer leur efficacité pour l'éducation thérapeutique chez l'enfant. Elle révèle notamment le besoin de mutualiser les différentes expertises en éducation, en design (prise en compte des facteurs humains et d'ergonomie), et en informatique (machine learning et système tutoriel intelligent), pour adapter au mieux l'éducation en santé selon le profil de l'apprenant. Chaque limite relevée est ainsi représentative des axes d'amélioration à ajouter régulièrement dans la boucle itérative de Conception Participative, où chaque étape de conception doit être sans cesse remise en question et améliorée.

Après avoir validé l'efficacité pédagogique et l'efficience pédagogique auprès d'enfants non-asthmatiques dans un environnement contrôlé, la prochaine étude vise à valider notre outil auprès de la population cible mais cette fois dans un environnement non contrôlé, c'est-à-dire dans des conditions d'utilisation en autonomie au sein du domicile.

## 3.2 Etude 2a : évaluation chez la population cible

Dans cette étude, l'objectif principal est d'étudier les avantages potentiels de l'utilisation d'un serious game conçu selon une approche de Conception Participative (CP) pour soutenir une intervention d'éducation thérapeutique chez les enfants asthmatiques. Nos principales contributions sont l'évaluation de KidBreath en situation réelle d'usage (utilisation à domicile) pour évaluer son impact en termes d'efficacité pédagogique, d'efficience pédagogique et d'effet thérapeutique.

Cette étude a été soumise dans une version anglaise pour le journal *Frontiers – Digital Education*.

### 3.2.1 Méthode

Afin de montrer les bénéfices pédagogiques d'un tel outil, KidBreath a été évalué dans un premier temps sur des enfants non-asthmatiques ayant l'âge de nos utilisateurs cibles - 8 à 9 ans - dans une école primaire locale. Dans cette étude, les activités d'apprentissage pouvaient être choisies et des expérimentations ont été menées à l'école pendant deux semaines (voir étude 1). Suite aux améliorations exprimées durant ces tests utilisateurs, une nouvelle version de KidBreath a été implémentée au niveau de son interface.

#### 3.2.1.1 Contenus pédagogiques de KidBreath

Basé sur les techniques pédagogiques utilisées dans les ateliers d'Éducation Thérapeutique du Patient (ETP) (ANAES, 2002; Nguyen et al., 2003), le prototype KidBreath a été décomposé en quatre parties : « Mon Voyage », « Je découvre la galaxie », « Mon journal de bord » et « Mon profil » (Figure 3.12).

*Mon Voyage (icône de la fusée)*. Les unités d'apprentissage intégrées dans les quatre sous-domaines de connaissance de l'asthme (biomédical, symptômes, connaissances générales et traitements) sont composées de quiz et de Questions à Choix Multiples (QCM) dans la partie « Devinettes », et de mini-jeux dans la partie « Jeux » comme le montre la Figure 3.12 (gauche). Afin de faciliter la compréhension de l'interface et sa facilité d'utilisation, un double mode d'entrée (texte et son) est proposé lorsque le personnage énonce à haute voix les questions et les réponses (Figure 3.12 - droite). Les unités d'apprentissage ont été catégorisées comme telles : « Mon corps » (Biomédical), « Mes signes » (Symptômes), « P'tits trucs pour moi » (Connaissances générales de la maladie) et « Mes médicaments » (Traitements).

Au sein d'une activité d'apprentissage, le système propose un processus d'apprentissage formalisé, où 1) le personnage pose une question sur l'asthme ; 2) l'enfant rentre sa réponse, soit sous forme de rappel libre via le clavier (pour les quiz), soit de façon indicée en cochant une des réponses proposées (pour les QCM), soit en complétant un des mini-jeux. Avant la validation de la réponse fournie, le système demande soit de confirmer, soit d'annuler l'action ; et 3) un feedback instantané est fourni après la validation. Le personnage indique alors si la réponse est correcte ou non, puis fournit la réponse attendue avec des explications et des informations complémentaires. Le même feedback de correction/explication est affiché quelle que soit la réponse que l'enfant avait rentrée, au cas où les réponses aient été fournies de manière aléatoire.

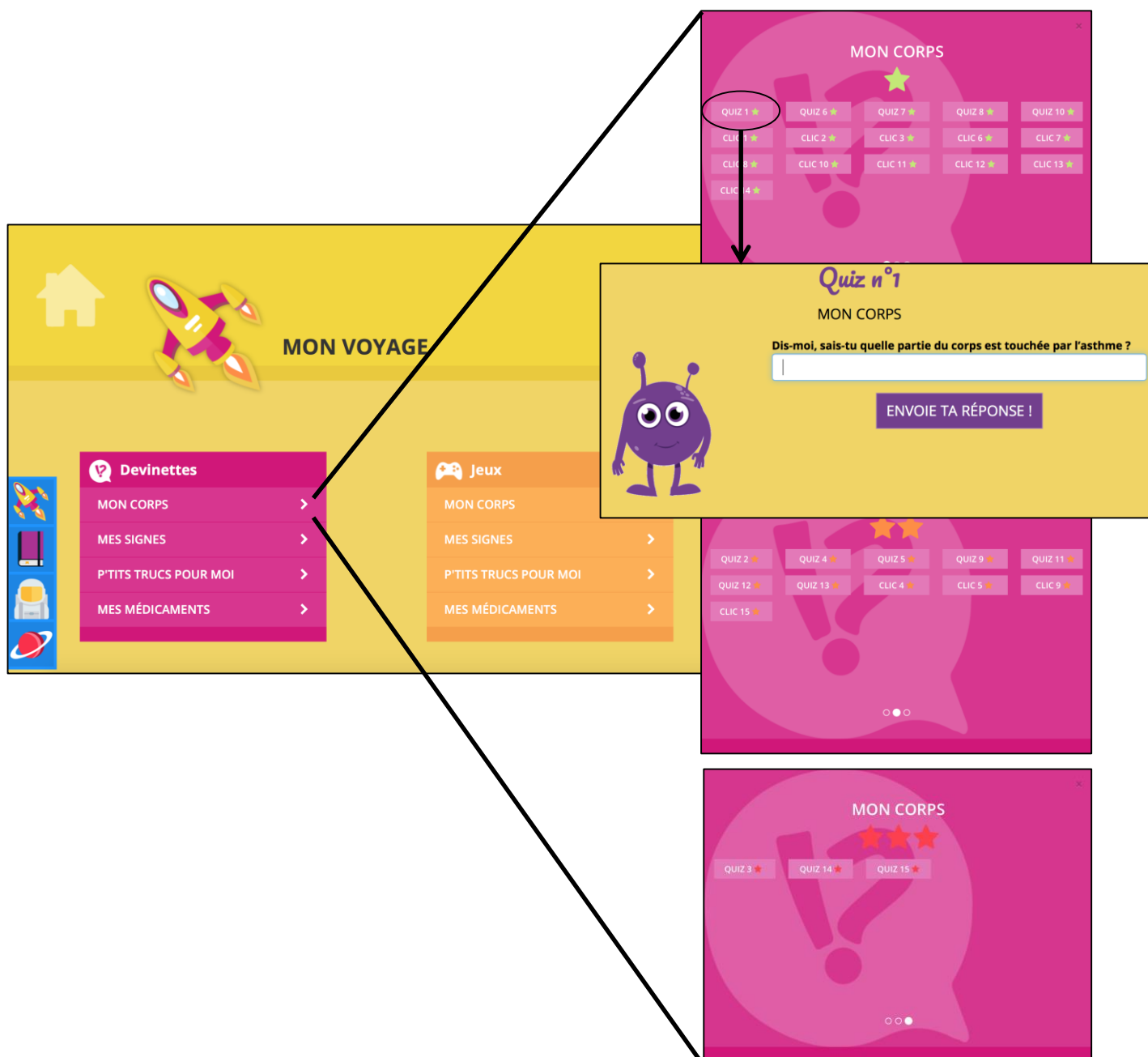


Figure 3.12 : Visualisation de la nouvelle interface « Mon Voyage » dans une version où l'utilisateur peut choisir ses activités d'apprentissage (à gauche). En cliquant sur le premier thème de l'onglet « Devinettes » (Mon corps), les activités d'apprentissage associées sont affichées selon chaque niveau de difficulté (à droite), où le premier est un quiz.

*Je découvre la galaxie (icône de la planète)* : les vidéos d'animation pour en savoir plus sur l'asthme ont été réparties selon deux catégories : 1) « 1 jour - 1 idée » fournit des réponses aux questions fréquemment posées par les enfants ayant participé à la conception de KidBreath lors de la CP (par exemple : « Est-ce que l'asthme dure toute la vie ? ») ; et 2) « Le saviez-vous ? » décrit des situations de la vie quotidienne auxquelles les enfants peuvent être confrontés (par exemple : « La pollution peut déclencher un rhume des foins »), leurs conséquences sur la régulation et la prévention de l'asthme.

*Mon journal de bord (icône du livre)*. Cet onglet propose de garder une trace des activités que l'enfant a réalisées en ligne au sein de KidBreath.

*Mon profil* (icône du cosmonaute). Il rassemble toutes les informations concernant l'enfant lorsqu'il s'est inscrit la première fois.

A partir de la conception de KidBreath, l'étude qui suit a exploré ses impacts d'utilisation chez les enfants asthmatiques. Les principales contributions de recherche sont l'évaluation d'un serious game lié à l'asthme - conçu via une méthode de CP - dans un contexte réel d'usage (utilisation à domicile), en termes d'efficacité pédagogique (connaissances autour de la maladie), d'efficience pédagogique (motivation intrinsèque générée pendant l'apprentissage), et d'effet thérapeutique (perception de la maladie et adhésion de KidBreath pendant l'utilisation).

### 3.2.1.2 Participants

Détaillés en 2.2.2, les enfants souffrant d'asthme ont été en partie recrutés au CETBA où ils avaient participé à des ateliers d'éducation thérapeutique. Les autres ont été appelés après confirmation lorsque leur médecin (partenaire du projet) leur a énoncé l'objectif de l'étude.

Les critères d'inclusion et d'exclusion ont été établis et sont également détaillés en 2.2.2. Comme l'étude a eu lieu au cours de trois sessions au domicile des enfants, seuls les enfants participant à toutes les sessions ont été considérés pour l'étude. Au total, 14 familles asthmatiques ont été recrutées, dont 8 garçons et 6 filles âgés de 7 à 11 ans.

En ce qui concerne l'éthique, toutes les données relatives aux enfants, le protocole de l'étude et l'ensemble des données recueillies au cours de l'étude expérimentale ont été pré-validés et enregistrés auprès des comités d'éthique suivants, présentés en 2.2.3 :

- Le COERLE interne à Inria ;
- La CNIL.

Les enfants qui ont utilisé KidBreath ainsi que leurs parents ont approuvé et signé un consentement éclairé.

### 3.2.1.3 Matériel

Afin de maîtriser le parcours d'apprentissage pour chaque participant, les unités d'apprentissage étaient affichées selon une séquence prédéfinie, déterminée manuellement par l'équipe de recherche. Ainsi, les « Devinettes » étaient d'abord activées par thématique (biomédical ; symptômes ; connaissances générales ; traitements), en respectant le niveau de difficulté (1 : facile ; 2 : moyen ; 3 : difficile) puis le type d'activité (quiz ; QCM), où chaque type possédait plusieurs exercices, différenciés par un numéro. Une fois que toutes les activités appartenant à l'onglet « Devinettes » était terminées, les « Jeux » sont devenus actifs par thématique (biomédical ; symptômes ; connaissances générales ; traitements), en respectant le niveau de difficulté (1 : facile ; 2 : moyen ; 3 : difficile) et le numéro identifiant l'activité (n°1 ; n°2 ; etc.). La figure 3.12 illustre cette séquence comme si l'utilisateur réalisait les activités « par sens de lecture » (de haut en bas puis de gauche à droite). La figure ci-dessous (3.13) illustre le graphe d'activité de cette séquence prédéfinie manuellement.

Au sein d'une activité en cours, lorsque le participant appuyait sur le bouton « suivant » après la correction, l'activité suivante s'affichait. L'enfant pouvait changer d'onglet, mais s'il voulait revenir dans « Mon voyage », l'activité d'apprentissage en cours était toujours affichée.

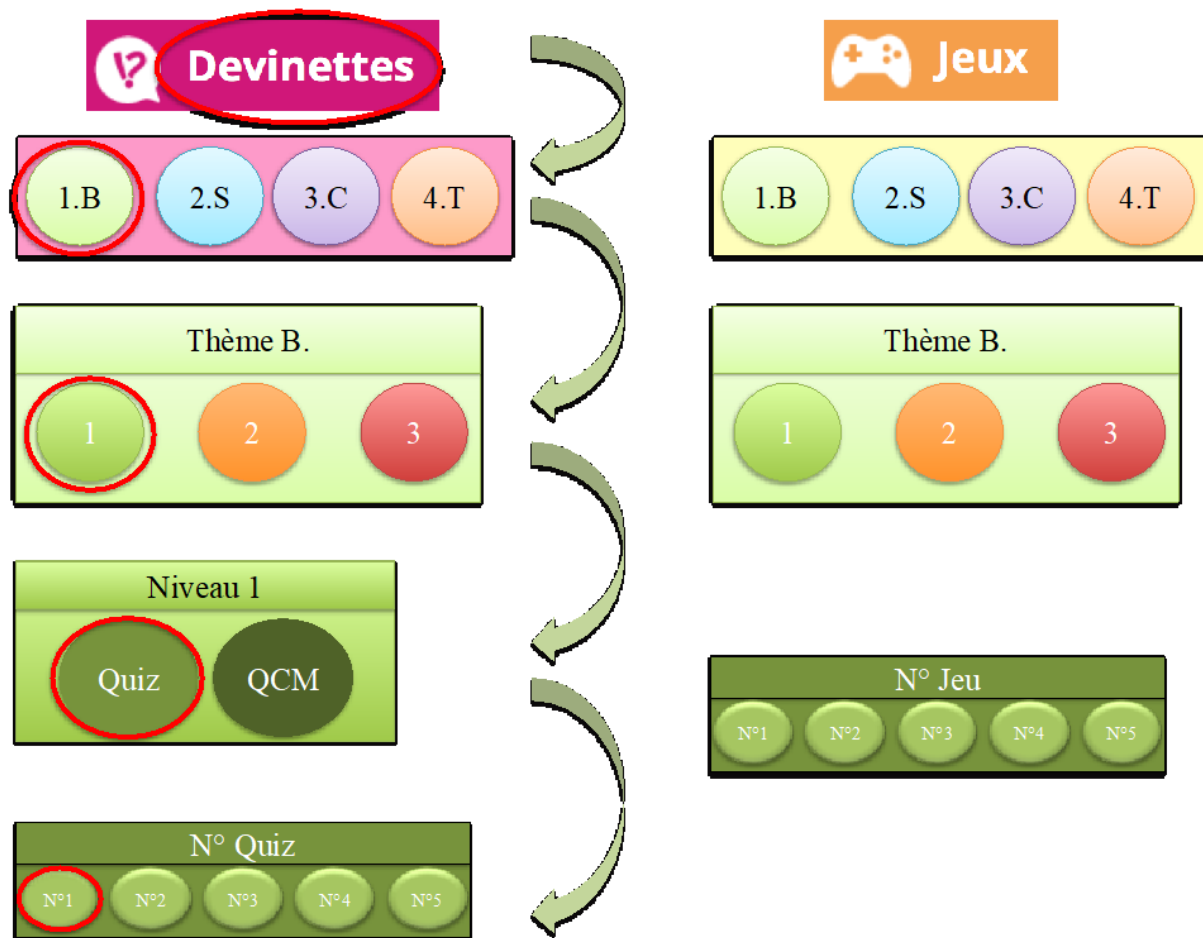


Figure 3.13 : Graphe d'activité illustrant la séquence prédéfinie manuellement.

#### 3.2.1.4 Procédure et mesures utilisées

Chaque enfant a été informé d'utiliser KidBreath *au moins* 10 minutes par semaine pendant deux mois. L'étude a été divisée en trois sessions d'évaluation sur une période de deux mois : une session pré-intervention (évaluation initiale), une session post-intervention après un mois d'utilisation de KidBreath (évaluation à mi-parcours) et une session post-intervention après deux mois d'utilisation de KidBreath (évaluation finale). Entre chaque mois (M0.5 et M1.5), les participants ont reçu par la poste un questionnaire à remplir (relatif à l'adhésion de KidBreath) avant la prochaine visite de l'expérimentateur (prévue deux semaines après) (Tableau 3.4).

*Mesures de l'efficacité pédagogique.* Avant et après l'utilisation de KidBreath, tous les enfants ont rempli le Asthma Knowledge Questionnaire (AKQ) (Al-Motlaq et Sellick, 2011).

Afin de vérifier si les connaissances des enfants pouvaient être corrélées à leurs propres connaissances générales ou à l'utilisation exclusive du contenu informatif de KidBreath, les enfants devaient remplir un questionnaire de connaissance sur le diabète (appelé ici Diabete Knowledge Questionnaire - DKQ)<sup>17</sup>.

*Mesures de l'efficacité pédagogique.* L'efficacité pédagogique a été évaluée grâce à des questionnaires regardant la motivation et la curiosité suscitées durant l'utilisation de l'outil.

17 Issu du site web : <https://www.quizz.biz/quizz-948885.html>

- *Motivation.* Pour vérifier le type de motivation suscité chez les enfants quand ils utilisent KidBreath, le questionnaire générique de l'Echelle de la Motivation en Education de Vallerand (Vallerand et al., 1989, 1992) a été adapté pour notre étude. Basé sur la théorie de l'Autodétermination de Deci et Ryan (1985), il est couramment utilisé pour déterminer la motivation intrinsèque et extrinsèque (par exemple, Desrochers, Comeau, Jardaneh, & Green-Demers, 2006). Une fois adapté à un public d'enfants jouant à un serious game, les enfants devaient répondre à un questionnaire de 21 items sur leur expérience de jeu, où chaque groupe de 3 items est associé à un type de motivation. Les scores sur la motivation vont ainsi de 0 à 3 dans chaque sous-composante. Les items ont été présentés de manière aléatoire afin d'éviter les effets d'apprentissage.
- *Curiosité.* Le niveau de curiosité suscitée chez les enfants a été évalué par la génération de questions (Gordon et al., 2015) : l'enfant devait en effet poser le plus de questions possibles sur un sujet spécifique sans que l'intervieweur ne lui réponde (Harris, 2012). Après avoir utilisé KidBreath, les enfants ont réalisé cette étape en demandant des informations supplémentaires qui seraient prises en compte, avec une réponse apportée pour chaque question dans la version ultérieure de KidBreath. Les scores sur la curiosité vont ainsi de 0 au maximum des questions posées.

*Mesures sur l'adhésion de KidBreath.* L'adhésion de KidBreath a été sondée avec un questionnaire conçu par l'équipe de recherche. Il s'agit de trois échelles de Likert à 4 degrés (score de 0 à 3) qui ont été spécialement conçues pour prendre en compte les points de vue des parents et des enfants sur le système :

1) Perception par les parents de l'engagement de l'enfant à la pré-utilisation et à la post-utilisation de KidBreath : « *Pensez-vous que votre enfant sera / a été coopératif ?* » (Jamais / Rarement / Souvent / Très souvent) ;

2) Perception par l'enfant de son engagement à la pré-utilisation et à la post-utilisation de KidBreath : « *Crois-tu que tu vas réussir / a réussi à jouer à KidBreath sérieusement chaque semaine pendant deux mois / depuis le début de l'étude ?* » (Pas du tout / De temps en temps / Souvent / Tout le temps) ;

3) Perception de l'efficacité du système KidBreath chez les enfants en pré-utilisation et en post-utilisation : « *Selon toi, est-ce que l'application KidBreath va t'aider / t'a aidé à mieux prendre tes médicaments, à faire plus attention et à avoir moins de crises d'asthme ?* » (Pas du tout / Un peu / Beaucoup / Enormément).

*Mesures thérapeutiques.* Cette partie d'évaluation inclut la perception de la maladie avec le Children Illness Perception Questionnaire (CIPQ) (Weinman et al., 1996). Seule la composante « croyances des enfants sur la maladie » du CIPQ a été utilisée. Le score représente le degré auquel la maladie est perçue comme une menace. Plus le score est élevé, plus la maladie est perçue comme une menace et par conséquent, moins la maladie pourra être gérée convenablement.

Tous les questionnaires sont détaillés en 2.3, et fournis en Annexe (chapitre 5). Le tableau ci-dessous résume la procédure expérimentale et le calendrier des sessions d'évaluation avec le descriptif associé.

Tableau 3.4 : Procédure et calendrier des sessions d'évaluation de KidBreath.

Session 1 : Evaluation Initiale M <sub>0</sub>	M <sub>0,5</sub>	Session 2 : Evaluation à mi- parcours M <sub>1</sub>	M <sub>1,5</sub>	Session 3 : Evaluation finale M <sub>2</sub>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Explication du but de l'étude</li> <li>2) Questionnaire d'adhésion KidBreath parents et enfants</li> <li>3) AKQ</li> <li>4) DKQ</li> <li>5) CIPQ</li> <li>6) Adresse url donnée avec instructions</li> </ol>	Envoi du questionnaire d'adhésion KidBreath par la poste	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Questionnaire d'adhésion KidBreath parents et enfants</li> <li>2) AKQ</li> <li>3) DKQ</li> <li>4) CIPQ</li> <li>5) Curiosité</li> <li>6) Questionnaire de motivation</li> </ol>	Envoi du questionnaire d'adhésion KidBreath par la poste	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Questionnaire d'adhésion KidBreath parents et enfants</li> <li>2) AKQ</li> <li>3) DKQ</li> <li>4) CIPQ</li> <li>5) Curiosité</li> <li>6) Questionnaire de motivation</li> </ol>

### 3.2.1.5 Traitement statistique

Les analyses de données ont été réalisées sous IBM SPSS Statistics 20. Un niveau de significativité de 0.05 a été utilisé tout au long du processus d'analyse.

Les statistiques descriptives ont été calculées avec les scores obtenus individuellement aux questionnaires associés pour chaque participant. Pour chaque comparaison de moyenne, l'égalité des variances a été vérifiée pour la réalisation de statistiques paramétriques.

En ce qui concerne l'efficacité pédagogique, les résultats ont été obtenus en deux étapes pour détecter les effets de KidBreath à court-terme (évaluation initiale vs. évaluation à mi-parcours) et à long-terme (évaluation initiale vs. évaluation finale). Pour chaque étape, l'efficacité pédagogique de KidBreath a été évaluée à l'aide d'une ANOVA à 2 facteurs [Durée x Questionnaire de Maladie] avec un effet d'intervention en pré-post sur les scores des enfants en AKQ et DKQ. Des analyses complémentaires ont été effectuées en utilisant un test-T de Student avec un effet d'intervention en pré-post pour les deux questionnaires de maladie. Enfin, des corrélations ont été faites pour mettre en évidence toute association possible entre le gain d'apprentissage et les scores en pré-utilisation ou post-utilisation.

Concernant l'efficacité pédagogique, l'effet de KidBreath sur la motivation générée lors de son utilisation a été mesuré en fonction des résultats obtenus au questionnaire de Motivation [ANOVA à deux facteurs avec comme variables indépendantes Type de Motivation (AM vs. ME vs. MI) et Durée (M1 vs. M2)]. Pour compléter les mesures d'efficacité pédagogique, les scores de curiosité ont également été comparés entre l'évaluation à mi-parcours et l'évaluation finale.

Des corrélations ont été effectuées afin de mettre en évidence toute association possible entre les mesures d'efficacité pédagogique et celles d'efficacité pédagogique sur l'ensemble des variables suivantes : mesures associées aux connaissances sur l'asthme (gains d'apprentissage associés aux scores pré-post) et mesures associées aux scores de motivation obtenus.

Enfin, des ANOVA à mesures répétées (Durée) ont été appliquées sur les scores du CIPQ et ceux du questionnaire d'adhésion de KidBreath. Pour compléter les données quantitatives, les verbatim les plus fréquemment rapportés par les parents lors des entretiens ont également été recueillis.

### 3.2.2 Résultats

#### 3.2.2.1 Efficacité pédagogique

*Scores individuels à travers la durée de l'étude.* Les figures 3.14a et 3.15a illustrent la distribution des scores de connaissance sur les questionnaires AKQ et DKQ (respectivement sur l'asthme et le diabète) en pré-utilisation et en post-utilisation. Ils ont été associés aux gains d'apprentissage obtenus grâce au calcul suivant :

$$(score\ post-utilisation - score\ pré-utilisation) / (score\ post-utilisation + score\ pré-utilisation)$$

Dans la figure 3.14a, les gains d'apprentissage recueillis pour l'AKQ dans la session M<sub>1</sub> ont été classés du plus bas au plus élevé. Une corrélation négative a été trouvée entre les scores AKQ en pré-utilisation et les gains d'apprentissage relatifs associés ( $r = -.70$  ;  $p = .005$ ). Ainsi, les enfants qui en savaient le moins sur l'asthme avant d'utiliser KidBreath ont le plus bénéficié des connaissances liées à l'asthme.

Des analyses complémentaires ont été effectuées pour vérifier si les enfants répondaient de façon aléatoire à l'AKQ ou s'ils savaient qu'ils ne connaissaient pas la réponse en cochant la proposition « Ne sais pas » (Figure 3.14b). Une corrélation positive a été trouvée entre les scores de pré-utilisation sur les réponses « Ne sais pas » dans l'AKQ et les gains d'apprentissage associés ( $r = .82$  ;  $p < .001$ ). Cela indique que les enfants qui en savaient le moins sur l'asthme étaient honnêtes depuis le début et qu'ils n'ont pas répondu au hasard.

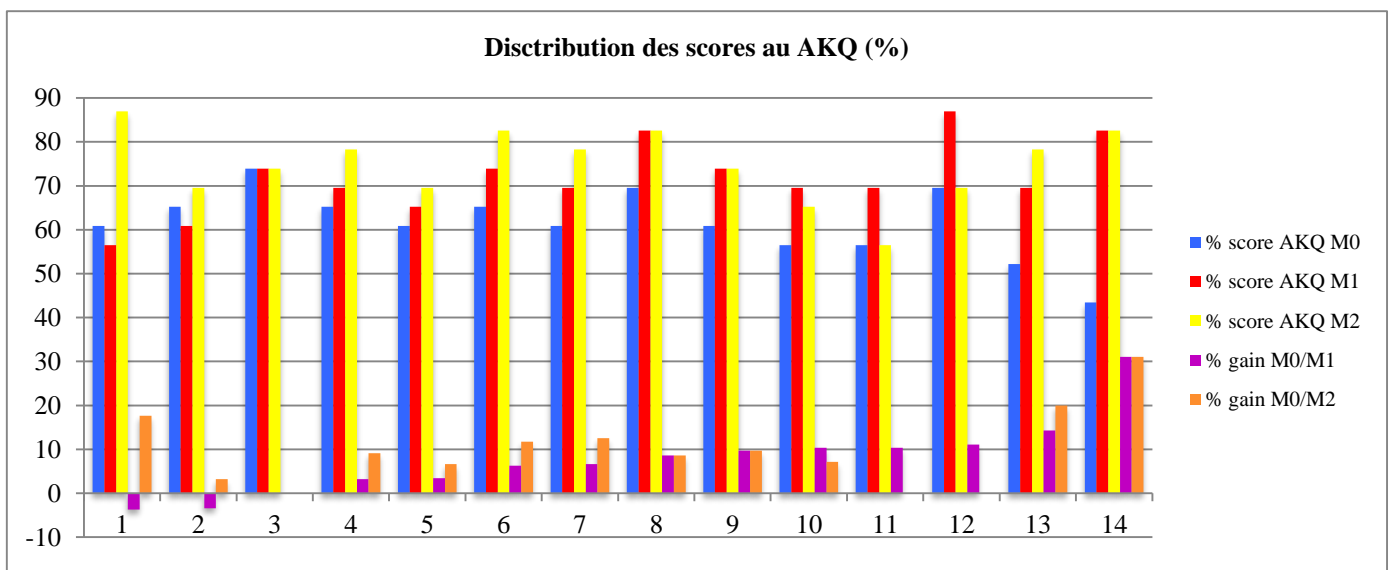


Figure 3.14a : Pourcentage des scores obtenus pour chaque participant au Asthma Knowledge Questionnaire (AKQ) à M<sub>0</sub> (pré-utilisation), M<sub>1</sub> (post-utilisation mi-parcours) et M<sub>2</sub> (post-utilisation finale), avec les gains d'apprentissage associés [(post-pré) / (post+pré)].



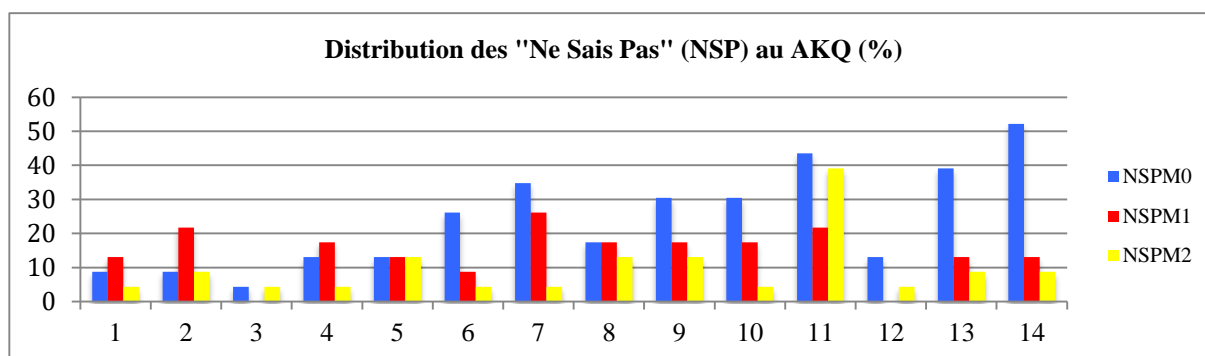


Figure 3.14b : Pourcentage des scores obtenus aux réponses « Ne sais pas » (NSP) pour chaque participant au Asthma Knowledge Questionnaire (AKQ) à M<sub>0</sub> (pré-utilisation), M<sub>1</sub> (post-utilisation mi-parcours) et M<sub>2</sub> (post-utilisation finale).

En ce qui concerne les scores du DKQ, ces derniers sont classés dans la figure 3.15a en fonction des résultats que les enfants ont obtenu sur l'AKQ afin de visualiser si les enfants les mieux classés en AKQ dans la figure 3.14a (ceux qui ont le plus appris de choses sur l'asthme) sont également ceux qui ont le plus appris sur le diabète dans la figure 3.15a.

Sans surprise, il n'y avait pas de corrélation entre le gain d'apprentissage sur l'asthme et celui du diabète. Cela indique que les courbes d'apprentissage pour l'asthme et pour le diabète ne sont pas liées.

Comme prévu également, les résultats des scores du DKQ ont été associés à un fort taux de réponses aléatoires et ce, indépendamment des sessions d'évaluation. Des analyses complémentaires sur les réponses « Ne sais pas » pour le DKQ n'ont pas montré de différence entre les sessions M<sub>0</sub> (52.8%), M<sub>1</sub> (52.1%) et M<sub>2</sub> (46.4%), ce qui confirme le non-apprentissage des connaissances sur le diabète (Figure 3.15b).

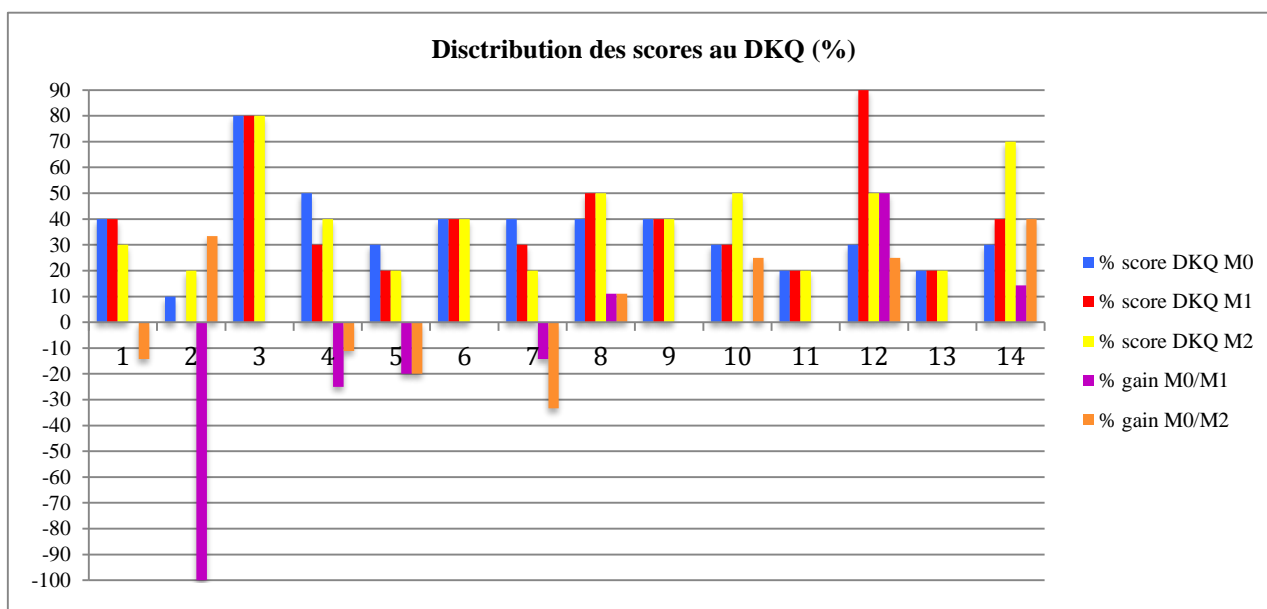


Figure 3.15a : Pourcentage des scores obtenus pour chaque participant au Diabete Knowledge Questionnaire (DKQ) à M<sub>0</sub> (pré-utilisation), M<sub>1</sub> (post-utilisation mi-parcours) et M<sub>2</sub> (post-utilisation finale), avec les gains d'apprentissage associés [(post-pré) / (post+pré)].

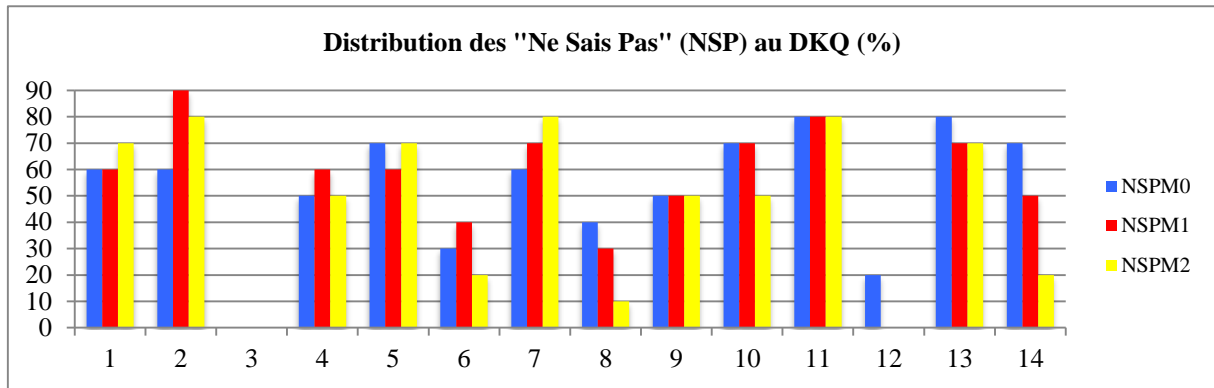


Figure 3.15b : Pourcentage des scores obtenus aux réponses « Ne sais pas » (NSP) pour chaque participant au Diabete Knowledge Questionnaire (DKQ) à M<sub>0</sub> (pré-utilisation), M<sub>1</sub> (post-utilisation mi-parcours) et M<sub>2</sub> (post-utilisation finale).

*Effet de KidBreath à court-terme (M<sub>0</sub> vs. M<sub>1</sub>).* Une ANOVA à deux facteurs [2 (Durée : M<sub>0</sub> vs. M<sub>1</sub>) x 2 (Questionnaire : AKQ vs. DKQ)] n'a révélé que l'effet du questionnaire [F(1,13) = 59.21 ; p < .0001 ; η<sup>2</sup> = .820], indiquant que la majorité des enfants présentaient un meilleur score sur l'asthme (61.5%) que sur le diabète (35.7%). Bien que l'effet de durée ainsi que l'effet Durée x Questionnaire n'aient pas atteint la significativité (respectivement : p > .08 ; p > .100), une augmentation du score AKQ en pré-post a été observée [t(13) = 3.49 ; p = .004], différemment au score DKQ (p > .600) (Figure 3.16a).

Concernant les réponses « Ne sais pas » obtenues au AKQ et DKQ (Figure 3.16b), une ANOVA à deux facteurs [2 (Durée : M<sub>0</sub> vs. M<sub>1</sub>) x 2 (Questionnaire : AKQ vs. DKQ)] a montré un effet de questionnaire [F(1,13) = 43.42 ; p < .0001 ; η<sup>2</sup> = .770] et un effet d'interaction [F(1,13) = 7.12 ; p < 0.02 ; η<sup>2</sup> = .354], mais aucun effet de durée n'a été trouvé (p > .100). Les comparaisons par paire n'ont révélé qu'une diminution significative des réponses « Ne sais pas » en pré-post pour AKQ (23.9% contre 14.3%) [t(13) = 2.60 ; p < .03].

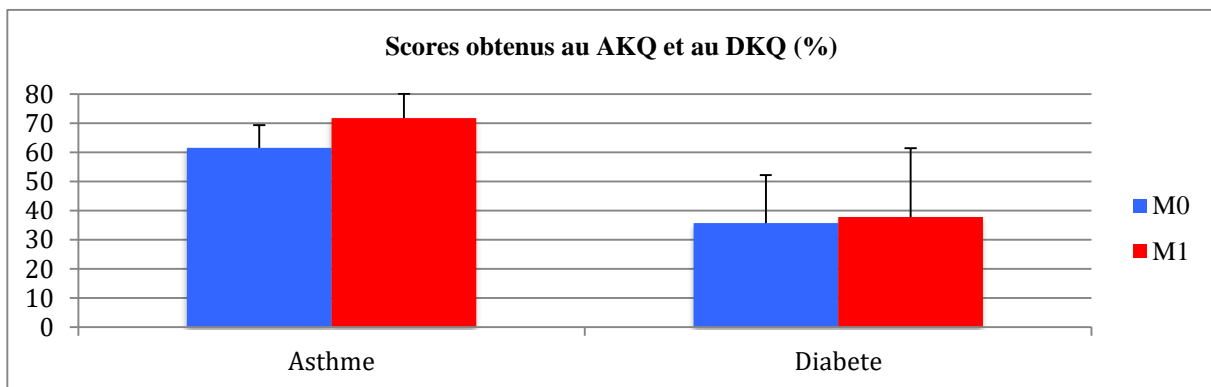


Figure 3.16a : Moyenne et barre d'écart type pour les scores des enfants obtenus sur AKQ et DKQ en fonction de la durée (pré-utilisation vs. post-utilisation mi-parcours).

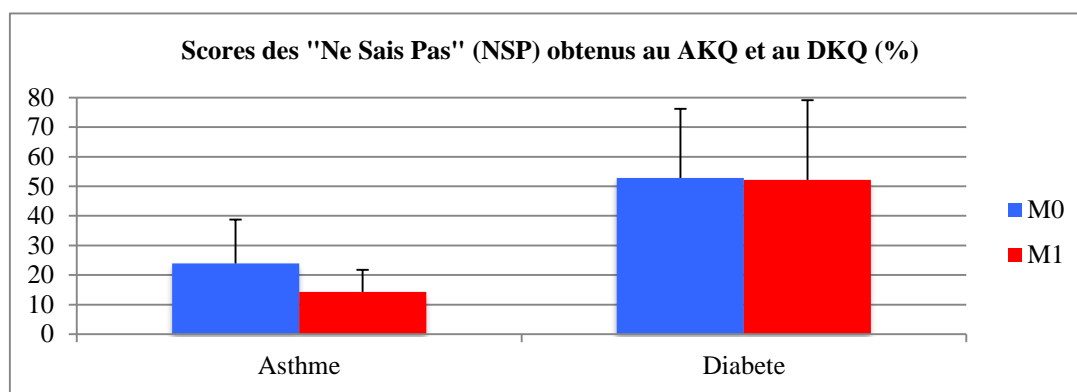


Figure 3.16b : Moyenne et barre d'écart type pour les scores des enfants aux réponses « Ne sais pas » obtenus sur AKQ et DKQ en fonction de la durée (pré-utilisation vs. post-utilisation mi-parcours).

Pour résumer, les résultats globaux de l'évaluation à mi-parcours ont indiqué que non seulement les enfants ont amélioré leurs connaissances sur l'asthme après avoir utilisé KidBreath, mais qu'en plus ils ont plus confiance dans leurs réponses.

*Effet de KidBreath à long-terme (M<sub>0</sub> vs. M<sub>2</sub>).* Une ANOVA à deux facteurs [2 (Durée : M<sub>0</sub> vs. M<sub>2</sub>) x 2 (Questionnaire : AKQ vs. DKQ)] a montré sur une période de deux mois un effet significatif du questionnaire [F(1,13) = 62.20 ; p < .0001 ;  $\eta^2 = .827$ ], un effet de durée [F(1,13) = 9.24 ; p < .01 ;  $\eta^2 = .416$ ] et un effet d'interaction [F(1,13) = 4.39 ; p = .05 ;  $\eta^2 = .253$ ] (Figure 3.17a). Ainsi, tous les enfants ont manifesté une meilleure performance pour les scores d'AKQ que pour les scores DKQ sur une période de deux mois.

Pour vérifier si les enfants ont répondu de manière aléatoire, une ANOVA à deux facteurs [2 (Durée : M<sub>0</sub> vs. M<sub>2</sub>) x 2 (Questionnaire : AKQ vs. DKQ)] a montré un effet de questionnaire [F(1,13) = 29.40 ; p < .0001 ;  $\eta^2 = .693$ ] et un effet de durée [F(1,13) = 7.48 ; p < .02 ;  $\eta^2 = .365$ ], mais pas d'effet d'interaction (p > .100) (Figure 3.17b). Les comparaisons par paire ont révélé une diminution significative des réponses « Ne sais pas » dans les scores du AKQ en pré-post (23.9% contre 9.6%) [t(13) = 3.82 ; p = .002] mais pas pour les scores DKQ (p > .200).

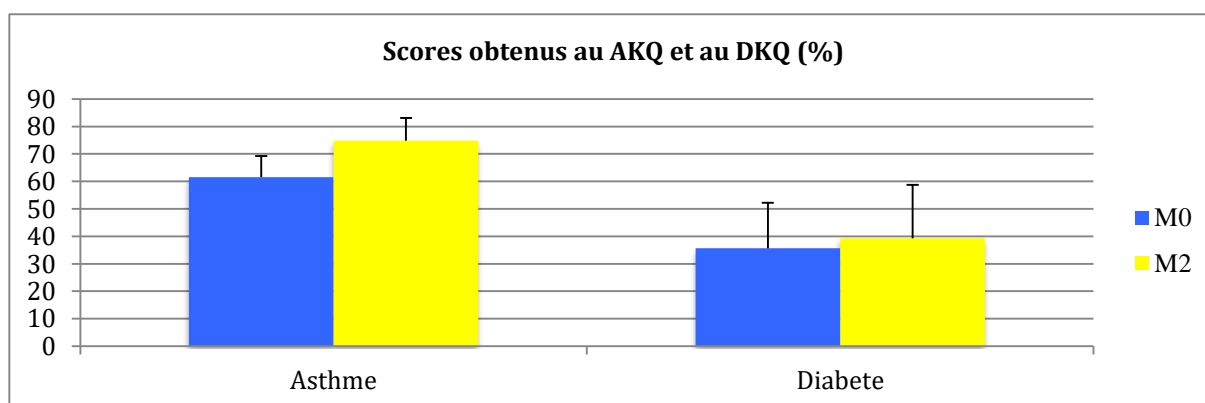


Figure 3.17a : Moyenne et barre d'écart type pour les scores des enfants obtenus sur AKQ et DKQ en fonction de la durée (pré-utilisation vs. post-utilisation finale).

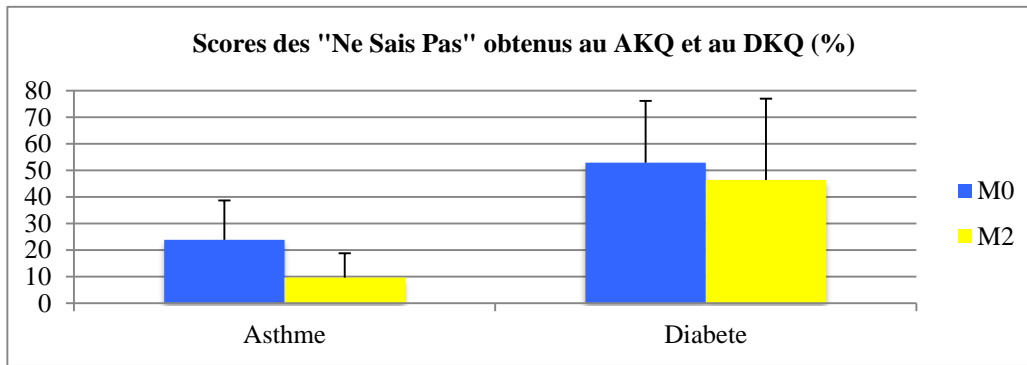


Figure 3.17b : Moyenne et barre d'écart type pour les scores des enfants aux réponses « Ne sais pas » obtenus sur AKQ et DKQ en fonction de la durée (pré-utilisation vs. post-utilisation finale).

Pour résumer, les résultats globaux de l'évaluation finale indiquent que non seulement les enfants ont clairement augmenté leurs connaissances sur l'asthme après avoir utilisé KidBreath sur une période de deux mois, mais qu'en plus ils étaient plus confiants dans leurs réponses.

### 3.2.2.2 Efficience pédagogique

Pour les scores de motivation, une ANOVA à deux facteurs [2 (Durée : M<sub>1</sub> vs. M<sub>2</sub>) x 3 (type de motivation: AM vs. ME vs. MI)] a montré un effet significatif du type de motivation [F(2,26) = 27.35 ; p < .0001 ; η<sup>2</sup> = .855] mais ni l'effet de durée (p > .600), ni l'effet d'interaction (p > .300) n'ont été trouvés. Les comparaisons par paire ont révélé que cet effet était en faveur de la condition de la MI quelle que soit la période [M<sub>1</sub> : t<sub>MI vs. AM</sub> (13) = 5.25 ; p < .0001 ; t<sub>MI vs. ME</sub> (13) = 5.92 ; p < .0001 ; t<sub>ME vs. AM</sub> (13) = 2.98 ; p = .011 ; M<sub>2</sub> : t<sub>MI vs. AM</sub> (13) = 4.46 ; p = .001 ; t<sub>MI vs. ME</sub> (13) = 8.72 ; p < .0001], ce qui montre qu'une motivation intrinsèque a été générée durant l'utilisation de KidBreath au cours des deux mois d'expérimentation (Tableau 3.5).

Pour compléter l'efficience pédagogique avec les scores associés à une curiosité suscitée durant l'utilisation de l'outil, une ANOVA à mesures répétées [2 (Durée)] a révélé une augmentation significative des questions posées entre l'évaluation de mi-parcours et l'évaluation finale [F(1,13) = 4.45 ; p = 0.05 ; η<sup>2</sup> = .255], révélant un intérêt accru à apprendre davantage avec le serious game.

Tableau 3.5 : Moyenne (écart type) des scores des élèves sur les mesures de Motivation et de Curiosité (n = 14).

Motivation						Curiosité	
Amotivation		ME		MI			
M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
0.43	0.57	0.98	0.90	2.00	2.07	0.21	0.57
(0.51)	(0.65)	(0.62)	(0.61)	(1.02)	(0.79)	(0.80)	(1.16)

ME : Motivation Extrinsèque ; MI : Motivation Intrinsèque

### 3.2.2.3 Relations entre les mesures d'efficacité pédagogique et d'efficience pédagogique

Afin d'explorer toute association possible entre les gains d'apprentissage sur l'asthme en pré-utilisation et post-utilisation et le type de motivation suscité pendant le jeu, nous avons examiné les corrélations entre les différentes mesures.

Premièrement, une corrélation significative a été trouvée entre les scores AM<sub>M0-M1</sub> et les gains<sub>M0-M1</sub> (r = -.62 ; p < .02), ce qui indique que les enfants qui ont le plus appris durant l'utilisation de l'application à mi-parcours sont ceux qui étaient le moins amotivés.

Deuxièmement, les scores  $EM_{M1-M2}$  étaient négativement corrélés avec les gains  $M0-M2$  ( $r = -.53$  ;  $p = .05$ ), et les gains  $SM1-M2$  ( $r = -.62$  ;  $p < .02$ ), révélant que les enfants qui ont appris le plus de choses sur l'asthme durant l'utilisation de KidBreath à long-terme étaient ceux qui étaient le moins extrinsèquement motivés, en particulier en ce qui concerne les attentes de récompense.

#### 3.2.2.4 Adhésion de KidBreath et effets thérapeutiques

Pour les mesures concernant l'engagement des enfants (Tableau 3.6), les comparaisons par paires ont révélé une diminution significative sur le long-terme, et plus particulièrement de la session de mi-parcours à la session finale d'évaluation. Cet engagement décliné indique un comportement d'abandon de l'expérimentation qui s'est effectué à mi-parcours. Des résultats similaires ont été observés du point de vue des parents. Ces observations ont mis en évidence leur honnêteté par rapport à l'expérience KidBreath, car les deux versions concordent.

En outre, l'effet de durée n'a pas atteint la significativité pour les scores associés aux attentes et au jugement de l'efficacité de l'outil ainsi que pour les scores du CIPQ.

Tableau 3.6 : Moyenne (écart type) des scores associés aux mesures d'adhésion de l'outil et d'effet thérapeutique (n = 14).

Questionnaire	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	ANOVA (Durée) / t-comparaisons
<i>Adhésion de KidBreath</i> <i>Engagement de l'enfant</i> <i>rapporté par les parents</i>	2.67 (0.71) (n = 9)	1.78 (0.83) (n = 9) 1.67 (0.99) (n = 12)	1.11 (0.93) (n = 9) 1.17 (0.94) (n = 9)	F(2,7) = 7.96 ; p < .02 ; $\eta^2 = .695$ M <sub>0</sub> vs. M <sub>2</sub> : t(8) = 3.78 ; p < .01 M <sub>1</sub> vs. M <sub>2</sub> : t(11) = 2.17 ; p = .05
<i>Adhésion de KidBreath</i> <i>Engagement de l'enfant</i> <i>auto-rapporté</i>	1.43 (0.76)	1.64 (0.75)	0.93 (0.27)	F(2,12) = 6.84 ; p < .02 ; $\eta^2 = .533$ M <sub>0</sub> vs. M <sub>2</sub> : t(12) = 2.50 ; p < .03 M <sub>1</sub> vs. M <sub>2</sub> : t(12) = 2.92 ; p < .02
<i>Adhésion de KidBreath</i> <i>Attentes et jugement de</i> <i>l'outil auto-rapportés</i>	1.00 (0.55)	1.21 (0.80)	1.07 (0.73)	Non significatif
<i>CIPQ</i>	4.79 (1.97)	5.29 (2.49)	4.86 (2.41)	Non significatif

Pour compléter les mesures quantitatives, les données qualitatives ont été retranscrites lors des entretiens des tests utilisateurs au cours des trois sessions (Tableau 3.7).

**Tableau 3.7 :** Attentes du système les plus fréquemment rapportées par les parents durant les entretiens en session initiale, et jugement de l'utilité dudit système rapporté lors des sessions de mi-parcours et des sessions finales.

Attentes rapportées par les parents (M <sub>0</sub> )	Jugement des parents rapporté à mi-parcours d'utilisation (M <sub>1</sub> )	Jugement des parents rapporté à la fin du parcours d'utilisation (M <sub>2</sub> )
Améliorer le comportement de santé des enfants en termes de prévention et d'autonomisation (n = 7).	Les connaissances de l'enfant liées à l'asthme se sont améliorées (n = 3). Par exemple, un enfant a dit à ses parents de ne pas prendre de sirop contre la toux lorsqu'il était malade comme il l'a vu dans KidBreath.	Les connaissances sur l'asthme se sont améliorées (n = 4). Un participant a dû rassurer et soutenir son père qui venait d'être diagnostiqué asthmatique.
Comprendre la maladie et reconnaître les signes avant une crise d'asthme (n = 5).	La communication sur l'asthme a augmenté (n = 5) : les enfants en ont dit plus sur ce qu'ils ont vu dans KidBreath et ont posé plus de questions sur les situations de la vie quotidienne.	La communication a augmenté (n = 4).
Prendre correctement les médicaments (n = 4).		

### 3.2.3 Discussion

Les principaux résultats de l'étude 2a sont analysés en termes d'efficacité pédagogique, d'efficience pédagogique, d'adhésion à KidBreath et d'effet thérapeutique.

En ce qui concerne l'efficacité pédagogique à court et à long-terme, 79% des enfants ont montré une amélioration significative des gains d'apprentissage sur le score des connaissances sur l'asthme après l'utilisation de KidBreath. Pour ces enfants, les résultats montrent une meilleure connaissance générale de l'asthme et un gain d'apprentissage significativement plus élevé pour l'asthme que pour le diabète - l'autre questionnaire de maladie chronique utilisé comme condition de contrôle -. Des résultats similaires ont été trouvés dans notre étude précédente avec des enfants non-asthmatiques (82%) (cf. étude 1).

La diminution significative des réponses « Ne sais pas » à travers les sessions d'évaluation a conforté le fait que non seulement les enfants ont davantage appris après avoir utilisé KidBreath, mais qu'en plus ils n'ont pas répondu au hasard. L'efficacité pédagogique a également été renforcée par la corrélation négative entre les gains d'apprentissage et les connaissances générales sur l'asthme - scores calculés à partir des réponses au questionnaire AKQ réalisé en pré-utilisation. Cela montre que l'utilisation de l'outil a bénéficié davantage aux enfants qui en savaient moins sur la maladie. Ceci est soutenu par la corrélation négative trouvée entre les gains d'apprentissage et l'attente qu'ont les enfants sur le système dans la mesure d'adhésion de KidBreath ( $r = -.61$  ;  $p = .02$ ), où l'utilisation de l'outil bénéficiait davantage aux enfants qui non seulement en savaient le moins sur la maladie, mais qui avaient également le moins d'attente sur l'efficacité de l'outil à les aider pour mieux gérer leur asthme. Pour vérifier si les enfants ne répondaient pas de manière aléatoire, la corrélation positive avec les réponses « Ne sais pas » dans les scores du AKQ en pré-utilisation et les gains d'apprentissage associés ont montré que l'utilisation de l'outil profitait davantage aux enfants qui étaient les plus conscients de leur manque de connaissance initiale sur l'asthme (ceux qui avaient coché le plus de « Ne sais pas »), c'est-à-dire ceux qui *savaient* qu'il était dans leur intérêt d'utiliser KidBreath.

Les performances obtenues sur AKQ lors de la session à mi-parcours et celle finale étaient similaires (M<sub>1</sub> = 71.7%, M<sub>2</sub> = 74.8%), révélant que les connaissances relatives à l'asthme étaient maintenues entre les sessions. En effet, bien que les jeunes patients aient répondu à des questions différentes, la partie correction intégrée pour chaque activité a expliqué la plupart du

temps des « blocs » similaires d'information essentiels à comprendre pour mieux gérer l'asthme. Par conséquent, les enfants ont souvent revu et appris des informations similaires, comme des mises à jours des connaissances, ce qui peut expliquer pourquoi les scores AKQ ont été maintenus au fil du temps. Bien que les activités d'apprentissage aient été imposées dans des séquences prédéfinies qui avaient été déterminées par l'équipe de recherche, ces résultats à court et à long-terme ont montré que l'utilisation de KidBreath a déclenché une forte efficacité pédagogique pour l'apprentissage de l'asthme.

En ce qui concerne l'efficacité pédagogique, Il était important d'identifier le type de motivation (Amotivation, Motivation Extrinsèque ou Motivation Intrinsèque) qu'un tel outil d'apprentissage pouvait générer. Cette information est essentielle à savoir pour garantir une utilisation continue de l'outil à court et moyen-terme. Principalement utilisé dans l'éducation (Vallerand et al., 1997), cette mesure est rarement prise en compte dans le développement des appareils de technologie numérique (Cordova & Lepper, 1996), et aucune mention de son utilisation n'a été faite dans les serious games actuels. Après un mois d'utilisation, une forte motivation intrinsèque a été notée par rapport aux autres, ce qui correspond à nos attentes dans l'étude précédente (cf. étude 1). En outre, la motivation intrinsèque est non seulement restée constante au cours des deux mois d'expérimentation, mais en plus elle est significativement plus élevée que la motivation extrinsèque et l'amotivation. Cet « effet plafond » enregistré en session finale concernant les scores de connaissances sur l'asthme et les scores de motivation intrinsèque (qui sont donc restés maintenus entre la session à mi-parcours et la session finale) a été trouvé dans des études similaires menées sur des serious games (Brown et al., 1997; Rikkers-Mutsaerts et al., 2012). En effet, le premier mois correspond à l'étape de « découverte », où toutes les activités apportent de l'amusement et du plaisir à y jouer à cause de cet aspect de nouveauté, mais cet effet est atténué à long-terme. Cette tendance est d'autant plus importante non seulement chez les enfants, mais aussi parce qu'il s'agit d'un serious game, ludique par définition. D'une manière intéressante, l'indicateur de curiosité a révélé une augmentation significative des questions liées à l'asthme qui ont été posées entre la session de mi-parcours et la session finale, ce qui suggère un intérêt pour l'apprentissage du serious game.

Concernant l'effet thérapeutique, il n'y a pas d'effet à court ou à long-terme sur la perception de la maladie. Parmi les explications possibles, deux principales peuvent être avancées. Premièrement, une intervention de deux mois ne suffit pas pour changer profondément les perceptions de la maladie. Il est bien connu que les croyances liées à la maladie sont persistantes et que seules des interventions à long-terme peuvent changer durablement les représentations de la maladie (Chan et al., 2007 ; Bindels et al., 2008; Rikkers-Mutsaerts et al., 2012). Deuxièmement, l'âge de certains enfants pourrait expliquer cette absence d'effet. En effet, six enfants sont nés entre 2006 (11 ans) et 2007 (10 ans), ce qui correspond à la période préadolescence et à tous les problèmes majeurs lié au *coping* (comportement adopté pour gérer une maladie), avec un fort déni de la maladie (de Benedictis & Bush, 2007).

Un résultat similaire a été trouvé concernant la perception des parents sur l'efficacité du système dans l'autogestion de la maladie (questionnaire d'adhésion KidBreath). En plus de l'âge avancé des enfants expliqué ci-dessus qui soutient l'hypothèse du déni de la maladie, la plupart des enfants ont été recrutés au CETBA (association d'éducation en santé) et par les médecins qui travaillent dans cette structure, donc les enfants avaient un certain niveau de connaissance initiale. De plus, cette étude était composée d'enfants souffrant d'asthme léger, par conséquent ils n'avaient pas besoin d'appliquer les informations apprises dans des situations de la vie quotidienne. L'impact de KidBreath sur l'autogestion de l'asthme pourrait probablement être augmenté chez les enfants souffrant d'asthme sévère. Par conséquent, le niveau de connaissance initiale de l'asthme chez l'enfant pourrait être un facteur critique pour l'adhésion de KidBreath, ainsi que son impact.

La diminution significative des scores concernant l'engagement des enfants dans l'utilisation de KidBreath de leur point de vue et du point de vue des parents lors des sessions M<sub>1</sub> et M<sub>2</sub> a montré un désintérêt progressif avec le temps. Une fois de plus, la connaissance initiale de l'asthme chez l'enfant pourrait être un facteur critique pour l'utilisation de KidBreath pendant de longues périodes. De plus, les situations de la vie réelle telles que les contraintes familiales, les hospitalisations et l'implication des parents pourraient également s'ajouter à l'abandon de KidBreath. Par exemple, la majorité des participants nous a rapporté manquer de temps pour jouer à KidBreath chaque semaine en raison des activités parascolaires, des vacances et des devoirs. Cependant, les verbatims ont également indiqué une amélioration de la communication parent-enfant sur l'asthme, ce qui est la première étape pour mieux gérer son asthme (Lieberman, 2001). Il pourrait être intéressant d'étudier les bénéfices de la gestion de la maladie grâce à l'ajout d'un onglet d'apprentissage pour les parents dans KidBreath.

Les résultats globaux nous conduisent à améliorer le processus d'apprentissage fourni par KidBreath, en développant notamment des fonctionnalités de personnalisation des activités. Comme nous l'avons noté à plusieurs reprises, les différents niveaux de connaissance initiale des enfants sur l'asthme pourraient être un facteur clé pour adhérer aux activités de KidBreath, et ensuite fournir un réel bénéfice. Chaque apprenant possède un ensemble de connaissances et de compétences initiales et ont leur propre progression d'apprentissage. Les Systèmes Tutoriels Intelligents (STI) ont été créés dans le domaine des technologies du numérique avec des algorithmes d'optimisation d'apprentissage offrant des expériences d'apprentissage personnalisées bénéfiques aux étudiants. L'étude 2b a proposé d'explorer une telle voie d'amélioration pour KidBreath.



### 3.3 Etude 2b : exploration d'un Système Tutoriel Intelligent (STI) dans KidBreath

Le but de cette étude est d'améliorer la dernière version du prototype KidBreath en le développant sous forme de Système Tutoriel Intelligent (STI) pour une éducation personnalisée. Le STI ainsi conçu est basé sur le modèle du Bandit Multi-Bras (BMB) présenté dans le chapitre 2 (2.1.5) pour personnaliser les séquences d'activités pédagogiques (Clement et al., 2015). Nos principales contributions sont l'évaluation de la valeur ajoutée d'un STI au sein de KidBreath avec une étude de terrain selon des critères d'évaluation similaires à ceux utilisés dans l'étude 2a (c'est-à-dire en termes d'efficacité pédagogique, d'efficience pédagogique et d'effet thérapeutique), afin de faire évoluer le domaine avec une personnalisation automatisée de l'apprentissage en éducation de la santé.

#### 3.3.1 Matériel : méthodes du Bandit Multi-Bras (BMB) et de ZPDES

Comme décrit dans le chapitre 2 (2.1.5), pour gérer les activités, l'algorithme ZPDES (Zone of Proximal Development and Empirical Success) combine trois aspects. Pour adapter les séquences d'activité, il utilise tout d'abord une structure hiérarchique composée de plusieurs couches de BMB pour explorer un graphe d'activité. Ensuite, un mécanisme d'activation / désactivation sert à gérer la Zone de Développement Proximal explorée par le BMB pour les activités présentant plusieurs niveaux de difficulté. Enfin, une évaluation des progrès d'apprentissage est utilisée pour exploiter les activités présentant le meilleur intérêt d'apprentissage pour l'utilisateur.

La figure 3.18 montre la description formelle de ZPDES dans l'algorithme 1 présenté à gauche, ainsi que son fonctionnement dans l'illustration de droite. Pour KidBreath, nous avons utilisé trois couches de BMB : thématique [(Biomédical (B) ; Symptômes (S) ; Connaissances générales (C) ; Traitements (T))] ; niveau de difficulté au sein de la thématique (1 ; 2 ; 3) ; type d'activité (Quiz ; QCM ; Jeux). La Zone de Développement Proximal est représentée avec un contour jaune regroupant les activités activées.

- *Première couche du BMB.* D'abord, le BMB principal définit la thématique du prochain exercice, proportionnellement aux progrès d'apprentissage que l'étudiant a pour chaque thématique. Toutes les thématiques sont toujours activées, il n'y a aucune difficulté de relation entre elles et elles sont toutes pertinentes dès le départ. L'intérêt pour chaque thématique évolue pour chaque enfant en fonction de ses progrès d'apprentissage au sein de ces derniers. Par exemple, dans la figure 3.18, la thématique « T » (i.e. « Traitements ») est entourée.
- *Deuxième couche du BMB.* Ensuite, le niveau de difficulté associé à la thématique précédemment choisie est ensuite déterminé par les activités activées. Ici, seuls les niveaux 1 et 2 sont actifs pour la thématique « T ». Le niveau sera établi de manière stochastique en fonction des progrès d'apprentissage actuels des enfants pour chaque niveau. Dans l'exemple, le niveau 2 de la thématique « T » est tiré.
- *Troisième couche du BMB.* Enfin, le type d'activité est déterminé. Comme pour la thématique, tous les types sont toujours activés, il n'y a pas de relation de difficulté entre eux et tous les types sont pertinents du début à la fin. Egalement dépendant du progrès d'apprentissage dans chaque type, la pertinence de chaque type évoluera. Dans cet exemple, le type « Quiz » est entouré, ce qui conduit à réaliser l'activité : Thématique T ; Niveau 2 ; Type Quiz.

**Algorithm 1** ZPDES algorithm  
**Require:** Set of  $n_a$  activities  $A$   
**Require:**  $\zeta$  rate of exploration  
**Require:** distribution for parameter exploration  $\xi_u$   
1: Initialize of quality  $w_a$  uniformly  
2: **while** learning **do**  
3: Initialize ZPD  
4: {Generate exercise;}  
5: **for**  $a \in ZPD$  **do**  
6:  $\tilde{w}_a = \frac{w_a}{\sum_j w_j}$   
7:  $p_a = \tilde{w}_a(1 - \zeta) + \zeta \xi_u$   
8: Sample  $a$  proportional to  $p_a$   
9: **end for**  
10: Propose activity  $a$   
11: Get student answer  $C_t$  and compute reward:  
12:  $r = \sum_{k=t-d/2}^t \frac{C_k}{d/2} - \sum_{k=t-d/2}^{t-d/2-1} \frac{C_k}{d/2}$   
13:  $w_a \leftarrow \beta w_a + \eta r$  {Update quality of activity}  
14: Update ZPD based on activity graph and success rates  
15: **end while**

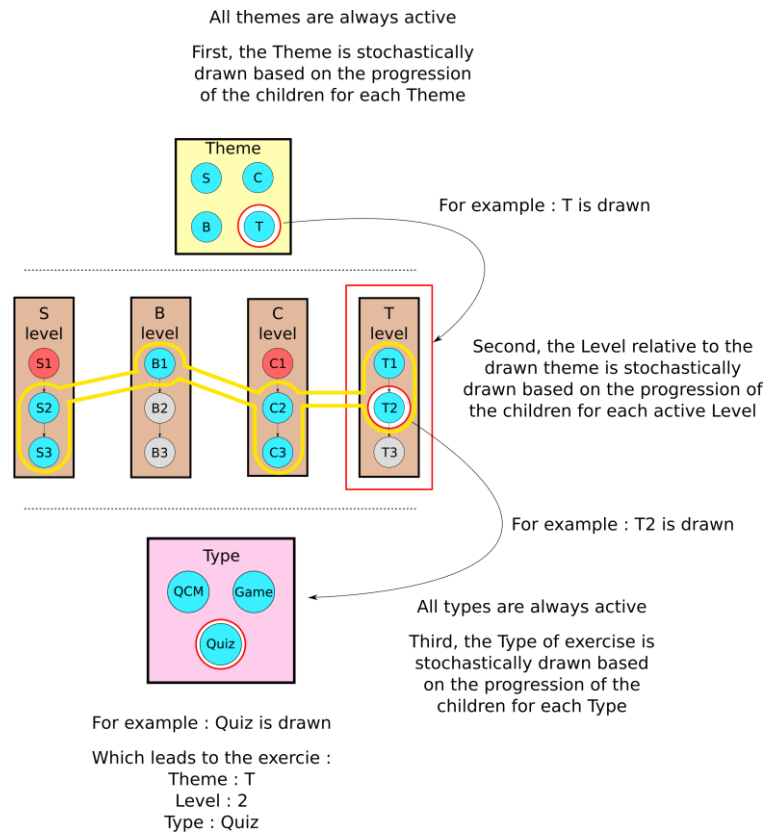
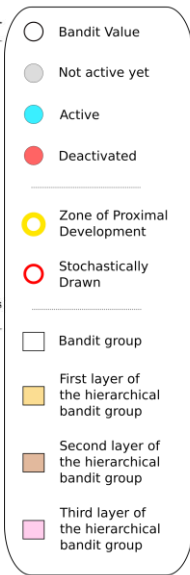


Figure 3.18 : Algorithme ZPDES implémenté dans KidBreath (gauche) et exploration de ZPDES au sein d'un graphe d'activité dans KidBreath (droite).

Un graphe détaillant de façon plus précise une séquence d'activité déterminée par l'algorithme ZPDES en comparaison avec une séquence prédéfinie est fourni en Annexe (chapitre 5 - section 7.1). Au sein de KidBreath, l'interface reste inchangée par rapport à la condition précédente (voir étude 2a), sauf pour la partie « Mon Voyage » car c'est dans cette section que l'algorithme ZPDES a été implémenté. Précisément, dans « Mon voyage », le modèle d'affichage d'une activité d'apprentissage reste identique (i.e. affichage de la question, modalités de réponse à rentrer, feedback correct/incorrect, correction et explication avec information supplémentaire et illustration (cf. 3.2.1.1)). La seule différence est dans la séquence d'affichage entre deux activités, car elle prend en compte les réponses fournies par les enfants au quiz, QCM ou au jeu pour aller à l'activité suivante grâce à l'algorithme ZPDES. Comme dans l'étude précédente, l'enfant peut basculer dans d'autres onglets. S'il veut revenir jouer dans « Mon voyage », l'activité d'apprentissage en cours est encore affichée et il est obligé de la terminer pour passer à la suivante.

### 3.3.2 Méthode

La méthode utilisée est très proche de celle utilisée pour l'étude 2a. Ainsi, les sections suivantes relatent les différences de méthode entre les deux études plutôt que les similarités.

#### 3.3.2.1 Participants

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des participants, les critères d'inclusion et d'exclusion et les procédures d'éthique par rapport à l'étude 2a.

Tableau 3.8 : Résumé de la procédure de recrutement des participants pour l'étude 2b.

Caractéristiques des participants	Critères d'inclusion et d'exclusion	Ethique
15 familles d'enfants asthmatiques ont été recrutées dans cette étude : 9 garçons et 6 filles ayant un asthme léger à modéré âgés entre 8 et 12 ans. La même procédure de recrutement a été réalisée que pour l'étude 2a (CETBA et médecins partenaires).	Critères identiques à l'étude 2a. Seulement un enfant est né en décembre 2004. Il a été recruté car il s'agit du frère d'un autre participant.	Identique à l'étude 2a.

### 3.3.2.2 Procédure, mesures et statistiques

La procédure, les mesures et les statistiques sont similaires à celles de l'étude 2a.

En raison de l'objectif d'exploration du STI développé, la seule différence de procédure réside dans la durée de l'expérience, qui s'est arrêtée sur une période d'un mois.

En ce qui concerne les mesures, des analyses d'interaction lors des connexions en ligne ont été ajoutées pour examiner la durée totale du jeu et les parcours d'apprentissage de chaque participant dans l'onglet « Mon voyage » en fonction de l'identifiant, des dates et des heures de début et de fin de chaque activité. Comme déjà évoqué dans la section « conception » de l'étude 1, chaque activité est identifiée par son thème et son niveau de difficulté.

Pour cette étude, un focus group avait été mis en place avant l'étude utilisateur afin de vérifier si KidBreath était fonctionnel sur plusieurs supports après implémentation de ZPDES. Pour cela, deux sessions d'utilisation de 15 min ont été réalisées dans un groupe d'un centre aéré (Gironde – 33) composé d'une quinzaine d'enfants âgés entre 10 et 12 ans. L'accord de la direction gérant le centre d'accueil de loisirs de la mairie concernée a été obtenu au préalable.

## 3.3.3 Résultats

### 3.3.3.1 Efficacité pédagogique

*Scores individuels à travers la durée de l'étude.* Les figures 3.18a et 3.19a illustrent la distribution des scores de connaissances sur les questionnaires AKQ et DKQ (respectivement sur l'asthme et le diabète) en pré-utilisation et en post-utilisation. Ils ont été associés aux gains d'apprentissage obtenus grâce au calcul suivant :

$$(\text{score post-utilisation} - \text{score pré-utilisation}) / (\text{score post-utilisation} + \text{score pré-utilisation})$$

Dans la figure 3.18a, les gains d'apprentissage relevés en post-session (c'est-à-dire sur une période d'un mois -  $M_1$  -) sont classés du plus bas au plus élevé. Une corrélation négative a été trouvée entre les scores de connaissance sur l'asthme au AKQ avant utilisation et les gains d'apprentissage associés ( $r = -.754$  ;  $p < .0001$ ). Une fois de plus, les enfants qui en savaient le moins sur l'asthme avant d'utiliser KidBreath ont le plus bénéficié des connaissances liées à l'asthme.

Une corrélation positive a été trouvée entre les scores aux réponses « Ne sais pas » relevés dans le AKQ en pré-utilisation (Figure 3.18b) et les gains d'apprentissage associés ( $r = .607$  ;  $p = .016$ ). Encore une fois, les enfants qui en savaient le moins sur l'asthme, non seulement le *savaient* depuis le début (ils ont été honnêtes et n'ont pas répondu au hasard), mais en plus ce sont les individus qui ont le plus bénéficié des connaissances liées à l'asthme.

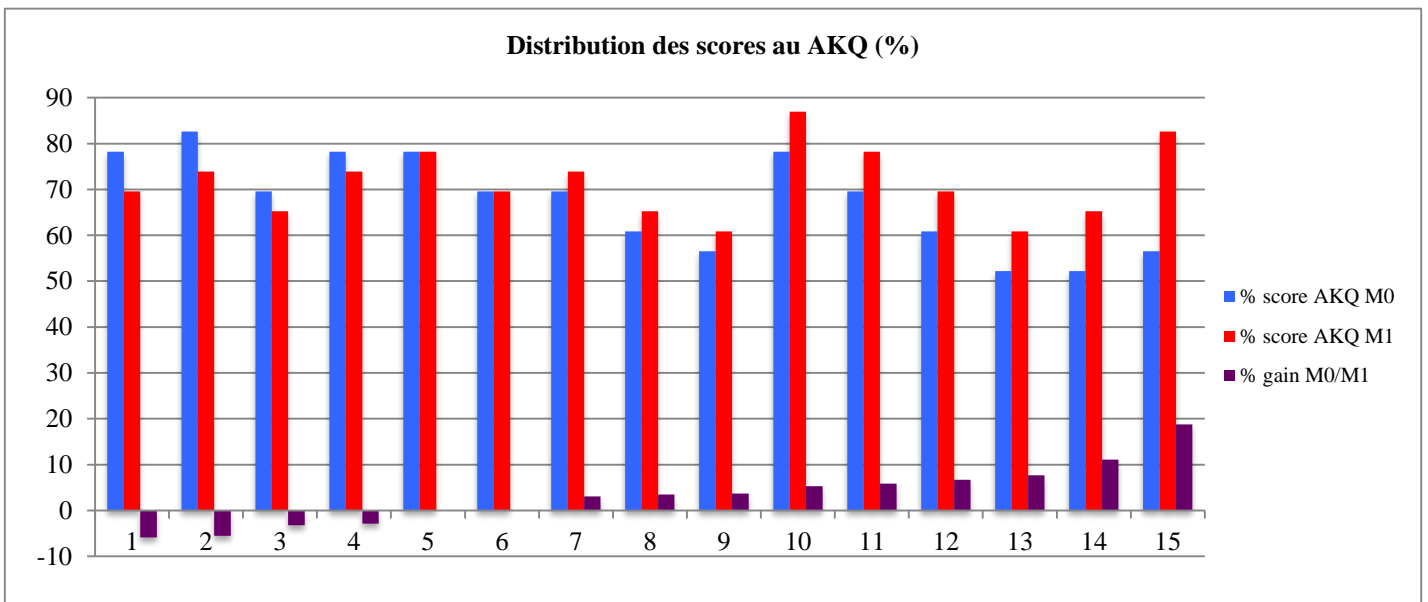


Figure 3.18a : Pourcentage des scores obtenus pour chaque participant au Asthma Knowledge Questionnaire (AKQ) à M<sub>0</sub> (pré-utilisation) et M<sub>1</sub> (post-utilisation mi-parcours), avec les gains d'apprentissage associés.

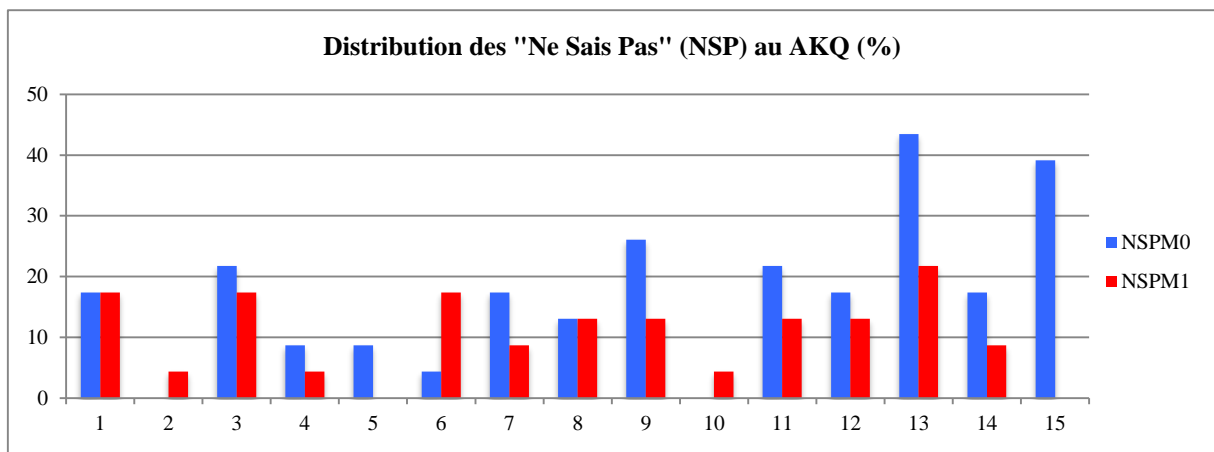


Figure 3.18b : Pourcentage des scores obtenus aux réponses « Ne sais pas » (NSP) pour chaque participant au Asthma Knowledge Questionnaire (AKQ) à M<sub>0</sub> (pré-utilisation) et M<sub>1</sub> (post-utilisation mi-parcours).

En ce qui concerne le DKQ, la figure 3.19a a classé les participants en fonction des résultats qu'ils ont obtenus au AKQ afin de visualiser si les enfants les mieux classés dans la Figure 3.18a sont les mêmes que ceux qui sont les mieux classés que ceux de la figure 3.19a.

Comme pour l'étude 2a, il n'y avait pas de corrélation entre le gain de connaissances sur l'asthme et les scores d'apprentissage du diabète. Cela indique que les enfants qui ont appris sur l'asthme n'ont pas appris sur le diabète. Etant donné qu'ils n'ont pas plus de connaissance sur une maladie par rapport à l'autre, nous pouvons supposer que les résultats des scores au DKQ ont été associés à des réponses aléatoires.

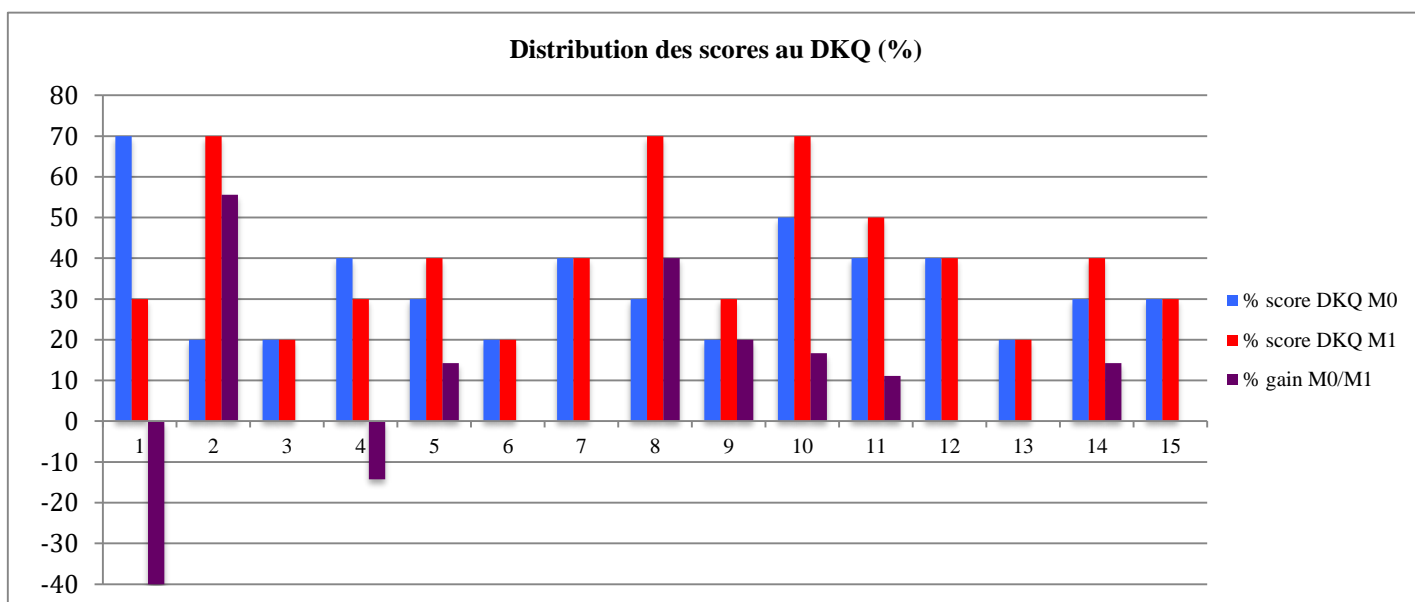


Figure 3.19a : Pourcentage des scores obtenus pour chaque participant au Diabète Knowledge Questionnaire (DKQ) à M<sub>0</sub> (pré-utilisation) et M<sub>1</sub> (post-utilisation mi-parcours), avec les gains d'apprentissage associés.

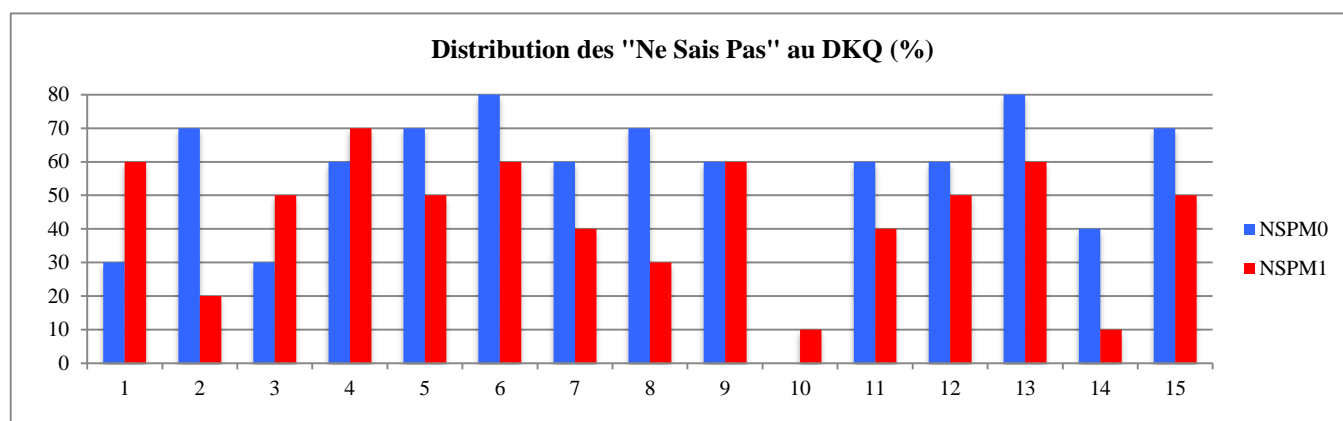


Figure 3.19b : Pourcentage des scores obtenus aux réponses « Ne sais pas » (NSP) pour chaque participant au Diabète Knowledge Questionnaire (DKQ) à M<sub>0</sub> (pré-utilisation) et M<sub>1</sub> (post-utilisation mi-parcours).

*Effet à court-terme de KidBreath version STI (M<sub>0</sub> vs. M<sub>1</sub>).* Une ANOVA à deux facteurs [2 (Durée) x 2 (Questionnaire)] a révélé un effet significatif du questionnaire [F(1,14) = 155.43 ; p < .0001 ;  $\eta^2 = .917$ ] avec une absence à la fois d'effet de durée pré-post (p = .092) et d'effet d'interaction (p = .653) (Figure 3.20a). Les comparaisons par paire n'ont pas atteint la significativité (p > .09). Par conséquent, tous les enfants ont présenté une meilleure performance pour les scores AKQ que pour les scores DKQ, avec un niveau en pré-évaluation maintenu en post-évaluation (M<sub>1</sub>).

Selon les réponses « Ne sais pas » relevées dans les deux questionnaires de connaissance (Figure 3.20b), une ANOVA à deux facteurs [2 (Durée) x 2 (Questionnaire- "Ne sais pas")] a montré un effet de questionnaire [F(1,14) = 78.04 ; p < .0001 ;  $\eta^2 = .848$ ] et un effet de durée pré-post [F(1,14) = 7.73 ; p < .02 ;  $\eta^2 = .356$ ], mais aucun effet d'interaction n'a été trouvé (p = .412). Les comparaisons par paire ont révélé une diminution significative des réponses « Ne sais pas » au AKQ entre les deux sessions (17.1% vs. 10.4%) [t(14) = 2.12 ; p = .05]. Une tendance similaire a été trouvée pour les réponses « Ne sais pas » du DKQ [t(14) = 2.10 ; p = .05]. Cela indique que non seulement les enfants ont appris davantage après un mois d'utilisation de KidBreath, mais qu'en plus ils étaient plus confiants dans leurs réponses, quel que soit le questionnaire de connaissance sur la maladie qui a été administré.

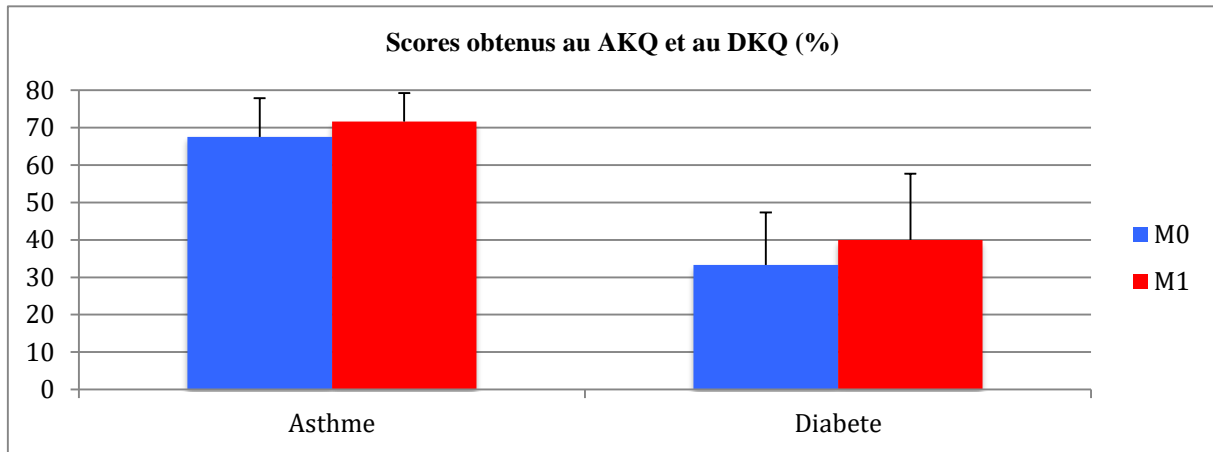


Figure 3.20a : Moyenne et barre d'écart type pour les scores des enfants obtenus sur AKQ et DKQ en fonction de la durée (pré-utilisation vs. post-utilisation mi-parcours).

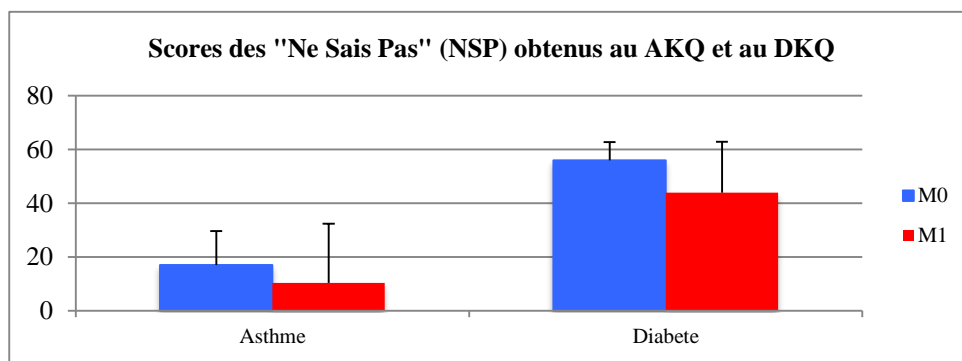


Figure 3.20b : Moyenne et barre d'écart type pour les scores des enfants aux réponses « Ne sais pas » obtenus sur AKQ et DKQ en fonction de la durée (pré-utilisation vs. post-utilisation mi-parcours).

### 3.3.3.2 Efficience pédagogique

Concernant les scores de motivation, une ANOVA à mesures répétées [3 (Type de Motivation)] a de nouveau montré un effet significatif du type de motivation [ $F(2,13) = 8.21$ ;  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .558$ ]. Les comparaisons par paire ont révélé que cet effet était en faveur de la condition de MI ( $t_{MI \text{ vs. } AM(14)} = 3.98$ ;  $p = .001$ ;  $t_{MI \text{ vs. } EM(14)} = 4.04$ ;  $p = .001$ ;  $t_{EM \text{ vs. } AM(14)} = 2.92$ ;  $p = .01$ ), ce qui indique qu'une motivation intrinsèque est générée lors de l'utilisation de KidBreath (Tableau 3.9).

L'indicateur de curiosité lui, a montré qu'un tiers des enfants a demandé des informations sur l'asthme, révélant un intérêt à apprendre davantage avec le serious game.

Tableau 3.9 : Moyenne (écart type) des scores des élèves sur les mesures de Motivation et de Curiosité (n = 15).

Motivation			Curiosité
AM	ME	MI	
0.60	1.22	1.91	0.33
(0.63)	(0.61)	(0.93)	(0.72)

ME : Motivation Extrinsèque ; MI : Motivation Intrinsèque

### 3.3.3.3 Relations entre les mesures d'efficacité pédagogique et d'efficience pédagogique

Une corrélation significative a été trouvée entre le score AKQ en post-utilisation et le score moyen de motivation intrinsèque ( $r = .74$ ;  $p < .01$ ), ce qui indique que les enfants les plus

motivés intrinsèquement étaient ceux qui avaient le plus de connaissance sur l'asthme après avoir utilisé KidBreath sur une période d'un mois.

Plus spécifiquement, le score de la sous-échelle des *Sensations* associée à la MI était positivement corrélé avec le score AKQ en post-utilisation ( $r = .80$  ;  $p < .0001$ ), qui est la motivation où les enfants font l'activité pour les sensations en elles-mêmes, fournies lors de l'utilisation de KidBreath -. Cette corrélation révèle que les enfants qui en savaient le plus sur l'asthme après un mois d'utilisation étaient ceux qui étaient intrinsèquement motivés pour le plaisir de jouer avec KidBreath.

### 3.3.3.4 Adhésion à KidBreath et effet thérapeutique

Une ANOVA à mesures répétées [2 (Durée)] a été effectuée pour les scores relatifs au CIPQ et n'a montré aucun effet significatif ( $p = .363$ ) (bien qu'une légère diminution soit observée après un mois d'utilisation) (Tableau 3.10).

Une ANOVA à mesures répétées [2 (Durée)] concernant les mesures liées à l'engagement des enfants du point de vue des parents a montré une diminution, révélant que les enfants ont abandonné l'utilisation de l'outil progressivement. Cette tendance a également été significative pour les scores que les parents ont envoyé par la poste à mi-parcours sur cette période (c'est-à-dire après deux semaines) [ $n = 11$  ;  $F(2,9) = 13.34$  ;  $p < .01$  ;  $\eta^2 = .748$ ].

Du point de vue des enfants, la même analyse n'a pas montré de différence significative, même s'il y a aussi une diminution ( $p > .200$ ).

Enfin, en ce qui concerne les attentes du système sur l'efficacité thérapeutique de l'utilisation de l'outil, et à son jugement au bout d'un mois d'utilisation, les résultats étaient les mêmes entre les sessions pré-utilisation et post-utilisation. Cette tendance a montré que KidBreath a répondu aux attentes après l'avoir utilisé un mois.

Tableau 3.10 : Moyenne (écart type) des scores associés aux mesures d'adhésion de l'outil et d'effet thérapeutique ( $n = 15$ ).

Questionnaire	Pre	Post	ANOVA / t-comparisons
<i>Adhésion de KidBreath</i> <i>Engagement de l'enfant</i> <i>rapporté par les parents</i>	N=13 : 2.54 (0.66)	N=13 : 1.46 (0.88)	$F(1,12) = 36.75$ ; $p < .0001$ ; $\eta^2 = .754$
<i>Adhésion de KidBreath</i> <i>Engagement de l'enfant</i> <i>auto-rapporté</i>	1.53 (0.74)	1.33 (0.49)	Non significatif
<i>Adhésion de KidBreath</i> <i>Attentes et jugement de</i> <i>l'outil auto-rapportés</i>	1.47 (0.74)	1.47 (0.64)	Non significatif
<b>CIPQ</b>	4.80 (1.90)	4.33 (1.68)	Non significatif

Les données qualitatives ont été retranscrites lors des entrevues durant les tests utilisateurs au cours des deux sessions (Tableau 3.11).

**Tableau 3.11** : Attentes du système les plus fréquemment rapportées par les parents durant les entretiens en session initiale, et jugement de l'utilité dudit système rapporté lors des sessions finales.

Attentes rapportées par les parents (M <sub>0</sub> )	Jugement des parents rapportés à la fin du parcours d'utilisation (M <sub>1</sub> )
Amélioration du comportement en santé des enfants en termes de prévention et d'autonomisation (n = 14).	Amélioration des connaissances de l'enfant liées à l'asthme (n = 3).
Comprendre leur maladie et reconnaître leurs signes avant l'arrivée d'une crise d'asthme (n = 3).	Augmentation de la communication au sujet de l'asthme (n = 4) : ils en ont dit plus sur ce qu'ils ont vu dans KidBreath et ont posé plus de questions sur les situations de la vie quotidienne.
Etre sensibilisé aux maladies (n = 3).	Amélioration des comportements et de la sensibilisation de l'enfant (n = 3) : ils ont demandé plus souvent à prendre leurs inhalateurs, ont nettoyé leur chambre et faisaient en sorte de guérir en prenant soin d'eux-mêmes lorsqu'ils étaient malade.
Diminution des crises d'asthme (n = 5).	
Devenir autonome (n = 5).	

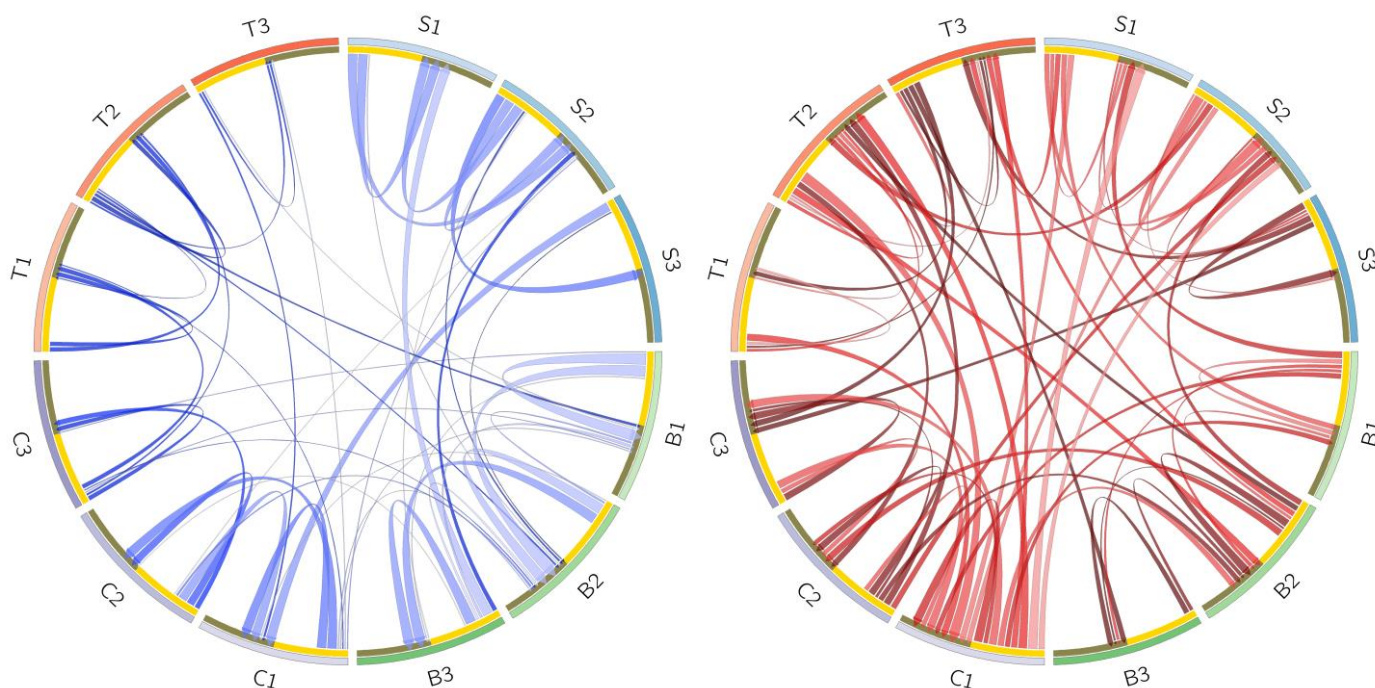
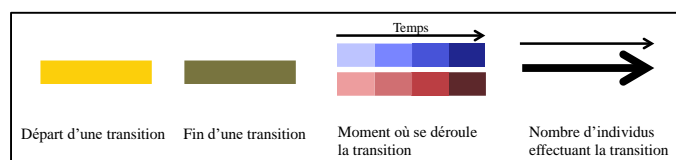
### 3.3.3.5 Personnalisation du parcours d'exploration dans KidBreath

En ce qui concerne le temps total passé à utiliser KidBreath, les enfants ont complété moins d'activités d'apprentissage que ceux de l'étude 2a. En effet, des différences significatives dans la durée des connexions ont été trouvées [(m<sub>étude1</sub> = 3312 sec. vs. m<sub>étude2</sub> = 1424 sec.) ; (t(29) = 3.267 ; p < .05)], ce qui est cohérent par rapport à la durée d'intervention qui est raccourcie de moitié.

Afin d'analyser les stratégies d'exploration de l'algorithme ZPDES, le parcours d'apprentissage des enfants a été analysé en utilisant Circos (Krzywinski et al., 2009) dont la sortie graphique est présentée dans les deux figures ci-après. Cet outil logiciel permet en effet de visualiser les transitions effectuées par les utilisateurs entre chaque activité grâce aux données récupérées durant les sessions d'enregistrement. Ces figures permettent de visualiser les transitions entre chaque activité au cours des sessions d'utilisation de KidBreath (i.e. quand les enfants passent à la prochaine activité d'apprentissage dans KidBreath) représentées par les lignes incurvées bleues et rouges, résumant ainsi les différents comportements observés (Figure 3.21). Une transition commence sur une activité, située sur la partie jaune de ladite activité, et se termine sur une autre activité, dans la partie marron avec une flèche (certaines transitions ont été supprimées afin de mettre en exergue les plus pertinentes, d'où le fait de voir des flèches sans lignes associées). L'épaisseur de la ligne correspond au nombre d'élèves qui réalisent la transition. Le temps est représenté par la nuance de couleur, où les plus claires représentent les activités qui ont été faites les plus précocement, tandis que les plus sombres sont celles les plus tardives. Cette visualisation des données, déjà utilisée pour l'étude 1, permet de voir le « chemin » suivi par les élèves en jouant à KidBreath.

Comme précédemment expliqué, les activités d'apprentissage ont été catégorisées selon leur thème [Mon corps (B), Mes signes (S), P'tits trucs pour moi (C), Mes Médicaments (T)] et selon leur niveau de difficulté (allant de 1 : facile à 3 : difficile). Par exemple, les activités B1 correspondent aux activités de niveau 1 appartenant au thème biomédical (i.e. dans la catégorie « Mon corps »).





**Figure 3.21** : Sortie graphique réalisée avec Circos concernant les transitions d'activité avec la séquence prédéfinie manuellement par l'équipe de recherche et présentée dans l'étude 2a (gauche/bleu : n = 14) et avec la séquence personnalisée automatisée avec l'algorithme ZPDES présentée dans l'étude 2b (droite/rouge : n = 15).

Dans le Circos bleu, les parcours d'apprentissage de l'étude 2a ont été tracés pour chaque participant. En raison de la séquence prédéfinie - définie par l'équipe de recherche - qui avait été implémentée pour cette condition, on remarque que les transitions sont très homogènes. En effet, les transitions linéaires entre les premières activités B1 → B2 → B3 (lignes incurvées plus légères), puis S1 → S2 → S3, C1 → C2 → C3 et T1 → T2 → T3 (plus sombres) sont perceptibles. Les transitions internes correspondent à la composante liée aux jeux, car ils étaient activés après avoir réalisé les activités de quiz et de QCM. Par conséquent, le Circos reflète la stratégie pédagogique linéaire basée sur les domaines de connaissance de l'asthme (biomédical, symptômes, connaissances générales et traitements).

Dans le Circos rouge, les explorations sont personnalisées pour chaque participant car l'algorithme ZPDES propose l'activité suivante en fonction du progrès d'apprentissage des enfants pour chaque activité. Ainsi, les parcours d'apprentissage sont plus diversifiés par rapport aux séquences prédéfinies définies par l'équipe de recherche et visualisées en bleu. En effet, il y a plus de transitions entre chaque thématique pour un même niveau (par exemple B1 → S1 → C1 → T1). Les enfants dont les connaissances se sont améliorées significativement au fil du temps ont complété principalement les premiers niveaux d'activité (transitions plus claires pour B1, S1, C1, T1) puis ont réalisé des activités de niveaux moyen et difficile (plus sombres). Le peu d'activités réalisé en T1, B3 et S3 indique que les progrès des enfants ont été réduits (où les activités sont probablement trop faciles dans T1, et trop difficiles pour celles appartenant à B3 et S3). De manière intéressante, les activités réalisées en C1 ont été les plus complétées car les progrès d'apprentissage étaient plus rapides dans cette catégorie que dans les autres. Dans la même veine, de nombreux contenus ont été intégrés dans cette partie (correspondant au premier

niveau des Connaissances Générales) car lors des étapes de Conception Participative, les enfants ont indiqué qu'ils voulaient apprendre le maximum de choses sur les sujets de vie quotidienne liées à l'asthme (voir étude 1). Cette personnalisation des données illustre la stratégie de progression d'apprentissage vers la réalisation des activités faciles en premier, tout comme elle est enseignée à l'école.

En résumé, l'algorithme ZPDES implémenté dans KidBreath a mis en évidence la personnalisation de l'apprentissage dans les activités liées à l'asthme, avec une séquence déterminée tout d'abord par le domaine de connaissance de l'asthme, puis par niveau de difficulté.

### 3.3.4 Discussion

Après l'évaluation pédagogique de KidBreath dans une version avec une séquence prédéfinie qui a été définie par l'équipe de recherche, nous nous sommes concentrés sur la valeur ajoutée d'un STI basé sur le modèle du BMB pour l'éducation thérapeutique des enfants asthmatiques dans un environnement réel.

En ce qui concerne l'efficacité pédagogique, 75% des enfants ont montré une amélioration significative des gains d'apprentissage sur l'asthme après l'utilisation de la version améliorée de KidBreath. Pour ces enfants, les résultats ont montré une meilleure connaissance générale de l'asthme, avec un gain d'apprentissage significativement plus élevé pour l'asthme que pour le diabète. En outre, une diminution significative des réponses « Ne sais pas » en pré-utilisation et post-utilisation a révélé que non seulement les enfants ont appris davantage après un mois d'utilisation de KidBreath, et qu'en plus ils étaient plus confiants en leurs réponses. Une fois de plus, les corrélations trouvées entre les gains d'apprentissage, les réponses correctes et les réponses « Ne sais pas » dans le AKQ complété en pré-utilisation démontrent que l'utilisation de l'outil profitait davantage aux enfants qui en savaient le moins sur la maladie, et à ceux qui étaient les plus sensibilisés à leur manque de connaissance liées à l'asthme, c'est-à-dire ceux qui savaient qu'il est dans leur intérêt d'utiliser KidBreath. Enfin, la corrélation positive entre les gains d'apprentissage et la mesure associée à l'engagement des enfants à utiliser l'outil en post-utilisation ( $r = .55$  ;  $p < .04$ ) confirme ce point de vue, où l'utilisation de l'outil a profité davantage aux enfants les plus impliqués dans l'expérience (Ridders-Mutsaerts et al., 2012).

En ce qui concerne l'efficacité pédagogique, après une utilisation d'un mois, une forte motivation intrinsèque a été enregistrée par rapport à l'étude 2a. En considérant ici les gains d'apprentissage des enfants, une forte motivation intrinsèque - notamment pour les sensations plaisantes procurées durant la tâche - a été associée à l'utilisation de KidBreath et correspondent aux scores du AKQ enregistrés en session finale. À la lumière de ces résultats de corrélation, l'efficacité de KidBreath semble plus liée à la motivation intrinsèque qu'à la motivation extrinsèque. Cette forte motivation intrinsèque peut être liée à l'algorithme ZPDES à partir duquel les parcours d'apprentissage (visualisés grâce à Circos) ont d'abord été déterminés par thématique, puis par niveau de difficulté dans un domaine de connaissance de l'asthme selon le progrès des enfants. De plus, dans la condition ZPDES, les enfants ont complété moins d'activités d'apprentissage que ceux de l'étude 2a, alors qu'ils ont rapporté un niveau d'efficacité pédagogique similaire (environ 70% de réponses correctes au AKQ). De même, une réduction de 50% du temps de connexion (2 mois vs. 1 mois) a tout de même permis d'atteindre le même niveau d'apprentissage dans la condition ZPDES par rapport à l'étude 2a (séquence d'apprentissage prédéfinie, définie manuellement par l'équipe de recherche). En d'autres termes, avec la condition ZPDES, les enfants souffrant d'asthme ont été aussi performants que ceux sans condition ZPDES, avec un temps de connexion moindre et un nombre réduit de contenus d'apprentissage. Cela met en évidence le bénéfice des séquences d'apprentissage personnalisées par rapport à une séquence linéaire prédéfinie manuellement.

Par conséquent, certains résultats liés à l'efficacité pédagogique pourraient soutenir la valeur ajoutée de ZPDES bien que nous n'ayons pas montré une amélioration des mesures d'efficacité pédagogique.

De façon similaire, bien que non significatif, la légère diminution des scores de perception de la maladie (ce qui correspond à une diminution du sentiment menaçant de la maladie) liée à ZPDES peut être notifiée, ainsi que les verbatim des parents, qui indiquent une amélioration des connaissances sur la maladie et de la communication parent-enfant. Ces verbatim positifs des parents n'ont été rapportés qu'après seulement une période d'intervention d'un mois. Les parents ont également exprimé que leurs enfants avaient acquis une sensibilisation accrue de la maladie ainsi que de meilleurs comportements liés à la santé. Fait intéressant, les comportements améliorés étaient ceux présentés dans les vidéos d'animation de KidBreath (par exemple, prendre plus soigneusement le médicament, éviter les facteurs déclenchants), ce qui renforce la nécessité d'intégrer ces vidéos dans le STI. En effet, les vidéos ont été signalées comme étant le canal le plus apprécié pour apprendre l'asthme, malgré l'implémentation de l'algorithme d'optimisation d'apprentissage dans la partie « Mon voyage ». Dans tous les cas, cela concorde avec la stratégie de *coping* que les enfants ont pour gérer une maladie chronique, incluant le désir de connaître un maximum de choses sur l'asthme (Chateaux & Spitz, 2006, 2007; Miller, 1987).

Enfin, les entrevues réalisées après un mois d'utilisation ont révélé des comportements d'abandon parce que les enfants se plaignaient que KidBreath soit trop redondant et propose les mêmes activités d'apprentissage. Cela correspond à la diminution significative de l'engagement de l'enfant rapporté par les parents. Bien que cela soit en accord avec la littérature (Vallerand et al., 1997; Rikkers-Mutsaerts et al., 2012), cet effet « plafond » d'engagement n'a pas été induit par l'algorithme ZPDES - qui était fonctionnel - mais par son implémentation elle-même. En effet, notre STI proposait des activités d'apprentissage telles que des quiz, des QCM et des jeux qui s'affichaient en fonction de la réponse. Concernant les quiz, les enfants devaient écrire les bonnes réponses au clavier, mais les fautes d'orthographe majeures n'étaient pas prises en compte assez finement, par conséquent le système enregistrait la réponse comme étant incorrecte, même si elle était correcte mais mal orthographiée. Pour les QCM, les enfants devaient cocher la totalité des réponses attendues, et pas seulement l'une d'entre elles, donc les réponses majeures étaient considérées comme erronées. Pour ces raisons, l'exploration de ZPDES n'a pas pu être étendue car le seuil d'activation n'a jamais été atteint et le taux de réussite restait faible. Par conséquent, les activités n'ont pas pu être désactivées et l'algorithme présentait le même ensemble d'activités d'apprentissage. En résumé, l'apprentissage redondant fourni par ZPDES a été exagéré de façon inappropriée. Ce problème d'opérationnalisation de ZPDES dans KidBreath peut être facilement résolu avec des paramètres de score d'entrée plus appropriés pour des enfants. Une telle opérationnalisation corrigée de ZPDES correspondra mieux à la réelle zone de développement proximal de chaque enfant, et permettra alors probablement une efficacité pédagogique accrue.

Dans l'ensemble, les résultats de l'étude 2b sont atténués en ce qui concerne les bénéfices de l'algorithme ZPDES pour les enfants asthmatiques, bien que des résultats positifs soient obtenus pour plusieurs mesures d'efficacité pédagogique (motivation intrinsèque, durée d'apprentissage, étendue des contenus explorés).

#### 3.3.5 Conclusion des études 2a et 2b

Pour la première fois, cette étude propose une première tentative dans le domaine de l'apprentissage thérapeutique pour créer un serious game lié à la santé, adapté et personnalisé pour favoriser l'éducation à la santé et l'autogestion de la maladie chez les enfants atteints de maladies chroniques.

Dans l'étude 2a, l'évaluation pédagogique de KidBreath, déployée chez la population cible, a indiqué des bénéfices d'apprentissage à court et moyen-terme (efficacité pédagogique) associés à une efficacité pédagogique élevée (motivation intrinsèque et curiosité suscitées). Une augmentation de l'autogestion de la maladie a également été soulignée, bien qu'un certain désintérêt ait été rapporté à cause de la séquence linéaire prédéfinie - définie par l'équipe de recherche -, soulignant la nécessité de personnaliser les séquences entre les activités d'apprentissage.

Dans l'étude 2b, l'apprentissage personnalisé via l'implémentation de l'algorithme ZPDES au sein de KidBreath, faisant évoluer ce dernier de serious game à STI, a permis d'améliorer l'efficacité pédagogique en termes de motivation intrinsèque, de durée d'apprentissage et d'étendue explorée des contenus, sans pour autant noter une augmentation de l'efficacité pédagogique (aucun changement du niveau de connaissance sur l'asthme suscitée par KidBreath).

En ce qui concerne les mesures d'adhésion thérapeutique, aucune détérioration n'a été enregistrée pour les deux études, ce qui est relativement positif compte tenu de l'utilisation de l'outil dans un environnement non contrôlé. On peut noter qu'en analysant les verbatim des parents et des enfants, ces données complémentaires suggèrent une amélioration qualitative de l'adhésion thérapeutique en termes de communication parent-enfant ainsi que dans la sensibilisation aux maladies et dans les comportements associés à une bonne santé.

### *Leçons tirées de l'implémentation d'un STI.*

Tout d'abord, un tiers des enfants a été recruté après avoir participé à des ateliers d'éducation thérapeutique, par conséquent ces enfants possédaient des connaissances préalables sur l'asthme non négligeables. Cela peut être critique lorsque la variabilité interindividuelle est la principale difficulté rencontrée dans le domaine de la recherche sur la personnalisation de l'apprentissage automatisé. On peut alors imaginer que l'impact de ZPDES puisse bénéficier davantage à une population n'ayant aucune connaissance préalable (récemment diagnostiqué par exemple) ou d'éducation à la santé.

Deuxièmement, les enfants souffraient d'asthme léger à modéré, par conséquent ils n'avaient pas toujours besoin d'appliquer les informations apprises dans les situations de la vie quotidienne. Il pourrait être intéressant d'analyser KidBreath et l'impact de ZPDES chez les enfants atteints d'asthme sévère dont la motivation intrinsèque ainsi que les connaissances initiales sur l'asthme seraient élevées.

Troisièmement, l'opérationnalisation incomplète de l'algorithme ZPDES dans KidBreath a conduit à des séquences d'activités d'apprentissage répétées qui ne tenaient pas compte du progrès d'apprentissage réel sur l'asthme. Par conséquent, les enfants ont rapporté que l'ensemble des activités réalisées était sans arrêt le même et ils étaient frustrés parce que leurs réponses étaient considérées comme incorrectes en continu. Dans les travaux futurs, l'implémentation du système devra être améliorée, en particulier dans les réponses d'entrée. Pendant les étapes de conception, l'équipe de recherche ne s'attendait pas à ce que les enfants fassent autant d'erreurs dans les réponses attendues, et ce facteur humain aurait pu être évité avec plus de tests utilisateurs pilotes. Il sera également intéressant d'intégrer un module complémentaire qui donne la possibilité de choisir les activités proposées par ZPDES, car la plupart des enfants se sont plaints de ne pas pouvoir choisir les activités.

Quatrièmement, notre étude s'est basée sur les travaux de Clement et ses collaborateurs dans les systèmes tutoriels pour les mathématiques (Clement et al., 2015), qui ont montré des résultats positifs dans la personnalisation et l'adaptation des activités pédagogiques, notamment parce qu'ils ont pu réaliser de nombreuses études pilotes avec une taille d'échantillon suffisamment élevée pour adapter les paramètres au modèle d'apprentissage (Clement et al., 2016, 2015; Clement, Oudeyer, Roy, & Lopes, 2014; Clement, Roy, Oudeyer, & Lopes, 2014).

Dans notre contexte avec une population clinique, les possibilités d'études pilotes pour ajuster l'opérationnalisation de ZPDES n'étaient pas possibles, ainsi la présente étude est considérée comme une étude pilote elle-même pour concevoir KidBreath dans une version STI.

Enfin, parallèlement, l'algorithme ZPDES a été développé uniquement sur les modules de quiz, QCM et jeux alors que la plupart des participants ont exprimé leur préférence d'apprentissage pour les vidéos d'animation. Probablement, l'effet de ZPDES serait augmenté en y intégrant le support d'apprentissage préféré de la population ciblée.

Par conséquent, il sera intéressant d'effectuer d'autres études similaires à la nôtre avec le même algorithme mais avec un ajustement des hyper-paramètres intégrés dans le modèle étudiant. Ces hyper-paramètres seraient liés à la population cible avec, par exemple, des paramètres d'apprentissage tels que les connaissances initiales sur l'asthme, la sévérité de l'asthme et la préférence des médias pour l'apprentissage avec la possibilité de les choisir parmi un échantillon.

#### *Limites.*

Tout d'abord, l'échantillon des participants était petit ( $n = 14$  dans l'étude 2a,  $n = 15$  dans l'étude 2b). Néanmoins, dans des études similaires évaluant des serious games, aucune n'a eu lieu dans un environnement réel non contrôlé (utilisation à domicile) mais plutôt dans un hôpital, suivant certes une procédure très contrôlée avec un plus grand nombre de participants, mais limitant les utilisations de l'outil et les comportements spontanés des patients. Nous nous sommes concentrés sur l'impact potentiel de l'utilisation de l'outil dans un environnement d'usage réel, qui est le plus représentatif en termes écologiques.

Deuxièmement, de la même manière, en raison de la mise en situation réelle des études, de nombreuses contraintes externes familiales ont été rencontrées (par exemple, le manque de temps d'utilisation à cause des activités parascolaires, des vacances, etc.). Un enfant a également été retiré de l'école pour harcèlement. Afin de maintenir l'implication des participants, il pourrait être intéressant d'étudier l'effet du suivi des progrès d'apprentissage en ajoutant à KidBreath un module pour l'enfant, ses parents et son médecin à des fins d'auto-surveillance et de suivi des aidants et des professionnels de santé.

Enfin, l'âge de la plupart des participants était supérieur à celui de la population ciblée (la moitié d'entre eux étaient âgés de 10 à 13 ans). Par conséquent, l'interface utilisateur n'était pas forcément adaptée (univers trop enfantin) et cela correspondait au comportement de coping relevé dans nos études, où il ressort dans la littérature un fort déni de la maladie lors de cette période de préadolescence (de Benedictis & Bush, 2007). Pourtant, la plupart d'entre eux ont continué à faire des efforts pour participer aux expériences jusqu'à la fin.

En conclusion, ces études pilotes ont soutenu la viabilité de notre méthodologie basée sur la Conception Participative pour améliorer la conception des serious games pour l'éducation en santé selon les contenus pédagogiques, ainsi que l'affichage de personnalisation (STI), même si des améliorations doivent être apportées (opérationnalisation de ZPDES, implémentation des hyper-paramètres, nouveau module de suivi d'apprentissage, etc.). Le succès attendu n'a pas été complètement atteint pour la valeur ajoutée de ZPDES, mais certains résultats ont été encourageants, tels que des gains de temps pour l'apprentissage et le nombre de contenus pédagogiques réduits pour atteindre un niveau d'apprentissage donné. Les leçons apprises discutées ci-dessus sont de futures lignes de recherche pour explorer les STI, via l'algorithme ZPDES, comme perspectives pour concevoir et évaluer des serious games dédiés à l'éducation thérapeutique chez les enfants atteints de maladies chroniques.

## 4 Synthèse chapitre 3

L'étude 1 a mis en lumière l'intérêt d'une approche de Conception Participative (CP) dans le cadre d'un apprentissage en ligne sur l'asthme pour les enfants. En se basant sur les programmes d'éducation thérapeutique, la démarche de conception de cet e-learning, nommé KidBreath, est formalisée pour qu'elle soit applicable à d'autres maladies chroniques. Avant d'évaluer cliniquement l'outil auprès de la population cible, son impact a été évalué en termes d'efficacité (connaissances sur la maladie) et d'efficience pédagogique (utilisabilité, type de motivation engendré et intérêt porté) auprès d'enfants contrôles non-asthmatiques âgés de 8 à 9 ans au sein d'une classe de primaire pendant deux semaines.

Les résultats montrent que l'outil a un impact en efficacité pédagogique, avec non seulement une hausse significative des connaissances sur l'asthme, mais également un gain d'apprentissage plus important chez ceux qui avaient un niveau de connaissance initialement faible. Au niveau de l'efficience pédagogique, les résultats indiquent que KidBreath a un taux d'utilisabilité élevé avec une grande satisfaction des activités ludoéducatives, et engendre une motivation intrinsèque durant son utilisation, laissant supposer un intérêt certain pour les enfants asthmatiques directement concernés.

L'étude qui a suivi a servi à valider KidBreath, dont l'interface avait été mise à jour suite aux retours utilisateurs de l'étude précédente, au domicile en condition réelle d'usage autonome (étude 2a). Cette plateforme a ensuite été « augmentée » et testée afin de devenir un Système Tutoriel Intelligent (STI) basé sur les méthodes du Bandit Multi-Bras (étude 2b). Pour chaque étude, l'impact de l'utilisation de KidBreath a été évalué chez les enfants asthmatiques en termes d'efficacité pédagogique (connaissances de la maladie), d'efficience pédagogique (utilisabilité, type de motivation et niveau d'intérêt porté) et d'effet thérapeutique (perception de la maladie, attente et jugement de l'efficacité du système, implication des enfants dans l'étude). Pour l'étude 2a, des enfants asthmatiques âgés entre 8 et 11 ans ont utilisé l'outil à domicile sans contrainte de temps pendant deux mois selon une séquence d'apprentissage prédéfinie manuellement par l'équipe de recherche. Les résultats ont confirmé l'efficacité pédagogique de KidBreath avec une augmentation significative des connaissances sur l'asthme après son utilisation. Un gain d'apprentissage plus élevé chez les enfants asthmatiques qui en savaient le moins initialement a également été montré. Les résultats sur l'efficience pédagogique ont révélé une importante motivation intrinsèque suscitée par l'utilisation de KidBreath, montrant un niveau d'intérêt important sur les activités ludoéducatives. L'étude 2b a exploré une version améliorée de KidBreath en y incorporant un algorithme d'optimisation d'apprentissage (nommé ZPDES). Après un mois d'utilisation, l'efficacité pédagogique était moins concluante que l'étude 2a car les paramètres de l'algorithme ont affiché un nombre réduit de contenus pédagogiques. Cependant, l'utilisation du KidBreath « version 2.0 » a montré un fort impact en termes d'efficience pédagogique et de critères associés à l'adhésion thérapeutique. Même si des améliorations d'implémentation doivent être effectuées dans les prochains travaux, cette étude préliminaire met en valeur la viabilité de nos méthodes pour concevoir un STI de type serious game dans un contexte d'éducation à la santé pour les maladies chroniques.

# Chapitre 4 - Discussion et Conclusion

Ce chapitre propose une discussion des résultats obtenus dans les trois réalisations empiriques présentées dans le chapitre 3. Plus précisément, une synthèse est faite concernant notre contribution vis-à-vis de la conception liant serious game, Conception Participative (CP) et Education Thérapeutique du Patient (ETP). Ensuite, nous analysons les résultats de nos tests utilisateurs en comparant les deux types de population ayant participé aux études (enfants sans asthme vs. enfants avec asthme). Enfin, nous discutons nos travaux concernant la contribution d'un STI au sein d'un tel outil comme KidBreath. Les limitations générales du travail durant la thèse sont visitées. Enfin, les perspectives de travail, à l'échelle de la recherche comme à l'échelle industrielle sont présentées.

## Sommaire

<b>1</b>	<b>SYNTHESE ET DISCUSSION DES RESULTATS .....</b>	<b>163</b>
1.1	CONCEPTION D'UN SERIOUS GAME : FUSION DE LA CP ET DE L'ETP .....	163
1.2	PARTICIPANTS NON ASTHMATIQUES VS. ASTHMATIQUES .....	165
1.3	CONTRIBUTION D'UN STI.....	165
1.4	INTEGRATION DES RESULTATS AUX APPROCHES ERGONOMIQUES DES IHM .....	167
<b>2</b>	<b>LIMITATIONS DU TRAVAIL.....</b>	<b>170</b>
<b>3</b>	<b>PERSPECTIVES.....</b>	<b>173</b>
3.1	OUVERTURE SCIENTIFIQUE DES TRAVAUX SUR KIDLEARN .....	173
3.2	VALORISATION INDUSTRIELLE.....	182
<b>4</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>187</b>

# 1 Synthèse et discussion des résultats

## 1.1 Conception d'un serious game : fusion de la CP et de l'ETP

La plateforme d'apprentissage en ligne KidBreath est composée de nombreuses activités ludoéducatives sur l'asthme ayant bénéficié d'une démarche de Conception Participative (CP). Dans notre contexte, la CP a permis de faire des extractions de contenus pédagogiques à acquérir, dirigée par les besoins des parties prenantes, composées non seulement d'experts en contenu médical, d'experts en contenu pédagogique dans l'éducation thérapeutique, mais aussi avec des utilisateurs finaux, où de nombreux focus groups ont été réalisés afin de vérifier l'utilisabilité du système et la compréhension des contenus. Dans un but plus générique d'éducation à la santé, il nous est apparu utile de formaliser cette méthode de conception à l'ensemble des maladies chroniques afin d'en faire bénéficier d'autres recherches.

Bien que plusieurs chercheurs se soient penchés sur la conception de serious games via une méthodologie de CP, nos travaux se démarquent pour plusieurs raisons. D'une part, à notre connaissance, aucune méthodologie de ce type ne s'est axée sur le domaine des maladies chroniques. Notamment, aucune conception de serious game santé ne fait mention des programmes d'éducation thérapeutique comme source d'inspiration pour créer les contenus pédagogiques. D'autre part, notre cadre conceptuel est l'un des premiers à proposer une méthodologie généralisable à l'ensemble des maladies chroniques pour les enfants, bien que cela puisse être déployé pour les adultes. En effet, les objectifs d'ETP sont analogues chez les adultes (ANAES, 1998), et les principes de gamification associés au serious games ont largement fait leur preuve même chez les publics adultes jeunes ou mûres (Beale et al., 2007).

Dans des travaux similaires aux nôtres, des auteurs ont tenté d'implémenter la CP comme procédure de conception d'outils numériques à visée éducative ou de santé.

Par exemple, dans le domaine éducatif, Khaled et Vassalou (Khaled & Vasalou, 2014) ont développé une méthode inspirée de la CP pour concevoir un serious game. Néanmoins, les méthodes de conception impliquées se sont concentrées sur les étapes de brainstorming et de story-board uniquement. Le serious game visé traitait de l'acquisition de compétences dans le cadre de la résolution de conflits en contexte scolaire, et les auteurs ont conclu que la participation des utilisateurs finaux n'était pas suffisante pour créer des scénarios ciblant les objectifs pédagogiques ciblés. Ainsi, contrairement à notre travail valorisant la CP pour la conception de serious games dans le but d'améliorer la gestion des maladies chroniques, la CP peut être moins pertinente lorsque les utilisateurs finaux impliqués dans la conception n'ont pas les compétences requises pour expliciter les verrous et les solutions devant être embarquées dans le serious game. Dans notre cas, le panel choisi pour la CP incluait des experts en ETP, des professionnels de santé, les parents et leurs enfants, couvrant ainsi l'explicitation des besoins des utilisateurs finaux tout en y associant les solutions pérennes et validées par les professionnels de l'ETP. Cette conclusion souligne que le point critique de la CP est la constitution du panel de concepteurs, garant de l'expertise explicitée (Kensing & Blomberg, 1998).

Du côté de la santé, Dekker et Williams (Dekker & Williams, 2017) ont récemment réalisé une revue des études utilisant les serious games pour gérer l'anxiété et la dépression, en relevant celles qui intégraient les méthodologies incluant des utilisateurs finaux. Elles ont ainsi identifié 20 serious games développés pour prévenir, traiter ou être mis en complément des thérapies existantes contre l'anxiété et / ou la dépression. La moitié de ces jeux ont été développés avec la contribution des utilisateurs finaux, qui jouaient soit un rôle d'informateurs,



soit participaient pleinement à la co-conception. Si ces serious games ont prouvé leur efficacité dans la gestion de l'anxiété et la dépression, près de la moitié n'incluait les utilisateurs que dans la phase de test. Cette revue signale que les méthodes de la CP pénètrent progressivement le domaine des serious games appliqués à la santé, même s'il semble que nous soyons les pionniers dans le domaine des programmes d'éducation thérapeutique.

A ce titre, notre méthode de CP pour la création d'un serious game chez les enfants atteints de maladie chronique met en lumière de nombreux bénéfices.

Tout d'abord, en incluant les utilisateurs finaux dans les étapes de conception, elle prend en considération les facteurs personnels de chaque patient, leur vécu, leurs croyances, leurs fausses idées, etc. comme le conçoit la dimension cognitive du Diagnostic Educatif, étape préalable à la mise en place d'un atelier d'ETP adapté aux besoins des patients. En effet, les différents entretiens réalisés auprès des enfants asthmatiques, mais aussi auprès des adultes qui souffrent d'asthme depuis qu'ils sont enfants (qui ont alors le recul nécessaire pour relater le vécu qu'ils avaient avec la maladie) ont permis d'étendre notre champ de connaissances au-delà des programmes d'information disponibles dans la littérature liée à l'asthme, et ainsi de le retranscrire dans le serious game.

De plus, notre méthodologie de CP se base sur les techniques pédagogiques utilisées en ETP, qui s'appuient sur divers courants de l'éducation et du développement qui modélisent les mécanismes de l'apprentissage, comme le béhaviorisme, le constructivisme, le socioconstructivisme et l'apprentissage social de Bandura. Afin de développer les leviers motivationnels favorisant un changement de comportement en santé et une amélioration de l'adhésion thérapeutique, nous avons également considéré les dimensions hédoniques (mécaniques de gamification) et pragmatiques (utilisabilité de l'interface).

Aussi, notre méthodologie a également pallié la limite qui avait été relevée par Khaled et Vassalou en étendant le panel de la CP aux parents, aux éducateurs thérapeutiques, aux pédiatres, et aux pneumologues. En effet, les enfants n'ont pas encore le recul nécessaire pour déterminer ce dont ils ont réellement besoin de savoir et les aptitudes qu'ils ne maîtrisent pas forcément. L'inclusion des professionnels de santé partenaires, sensibilisés à l'éducation thérapeutique et aux techniques pédagogiques associées, a permis de formaliser les contenus nécessaires que les enfants devaient connaître. Par ailleurs, l'inclusion de professionnels de santé homologues a permis de confronter les différents avis qui, parfois, différaient alors que les domaines d'expertise étaient similaires. Par exemple, un des ateliers de brainstorming durant la CP a provoqué un débat concernant les traitements existants et prescrits dans l'asthme. Cette confrontation n'aurait pas été possible si nous n'avions pris qu'un unique « expert de l'asthme », qui aurait alors fait office de parole d'évangile. Ces différents profils d'expertise mettent en exergue l'enrichissement des contenus et la valeur ajoutée de notre méthodologie.

Enfin, comme signalé dans nos réalisations empiriques (étude 1), la constitution même du panel a impacté la formalisation des contenus thématiques, des parcours d'apprentissage (niveaux de difficulté) et leur mise en format ludo-éducatif. En effet, pour rappel, si les quatre thématiques sont un standard de l'ETP (Biomédical, Symptômes, Connaissances Générales, Traitements), les parcours d'apprentissage au sein de chaque thématique ont été séquencés au plus près des besoins des futurs utilisateurs, avec pour conséquences des parcours d'apprentissage de difficulté croissante qui varient d'une thématique à l'autre. Cette variabilité dans le séquençage des activités aurait été probablement non souhaitée dans une formalisation pédagogique traditionnelle, où les parcours de progression sont souvent superposables les uns aux autres.

## 1.2 Participants non asthmatiques vs. asthmatiques

Comme mentionné avant, nous avons incrémenté la validation de KidBreath en commençant d'abord par une étude auprès de jeunes enfants non asthmatiques puis des enfants asthmatiques.

En comparant les résultats en termes d'efficacité et d'efficience, il est intéressant de souligner la similarité des résultats entre ces deux échantillons. En effet, les scores enregistrés au questionnaire de connaissance sur l'asthme sont équivalents (82% chez les non asthmatiques vs. 79% chez les asthmatiques de l'étude 2a), où une corrélation a été trouvée dans les deux populations montrant que l'utilisation de ce serious game bénéficiait surtout chez les enfants qui en savaient le moins sur la maladie, avec ou sans asthme.

Si ces résultats sont encourageant pour KidBreath, ils méritent d'être modérés. En effet, on pourrait imaginer que les enfants « experts » de l'asthme n'auraient pas besoin d'un tel outil pour gérer leur maladie. Cependant, en fonction de la sévérité de l'asthme, de la perception de la maladie, du coping mis en place par l'enfant, du contexte familial et du soutien que l'enfant peut avoir, ses besoins seront différents (de Benedictis & Bush, 2007; Leventhal et al., 1984; Miller, 1987; Muris, De Jongh, Van Zuuren, & Ter Horst, 1994). Ainsi, à l'échelle individuelle, un enfant « expert » peut avoir besoin de plus de connaissances qu'un enfant « novice » selon les situations qu'il peut vivre et les besoins qu'il éprouve.

Concernant l'efficience pédagogique de l'outil, chez les enfants non asthmatiques, une forte motivation intrinsèque est associée à KidBreath (score = 2.75) et celle-ci est positivement liée aux scores de connaissances sur l'asthme en post-utilisation. À la lumière des corrélations obtenues, l'efficacité de KidBreath semble plus liée à une motivation intrinsèque qu'à une influence extrinsèque. Après un mois d'utilisation au domicile chez les enfants asthmatiques, une forte motivation intrinsèque a été également notée par rapport aux autres formes de motivation, et qui s'est maintenue sur les deux mois d'expérimentation (score = 2.00 à M<sub>1</sub> ; score = 2.07 à M<sub>2</sub>). Selon la théorie du progrès d'apprentissage (Oudeyer et al., 2016), si les enfants non asthmatiques présentent une plus forte MI que ceux avec asthme, cela peut s'expliquer par l'attrait de la nouveauté, de la surprise (car l'activité sort du programme scolaire classique), et de la complexité moyenne (informations sur l'asthme relativement abstraites pour des enfants qui n'en souffrent pas), qui sont plus importants que chez les enfants asthmatiques. En effet, selon cette théorie, ces critères améliorent la rétention mnésique, mais sont également considérés comme intrinsèquement gratifiants, d'où les scores élevés au niveau efficacité et efficience chez la population sans asthme. Cette hypothèse est soutenue par le questionnaire de curiosité, où les scores sont plus élevés chez les enfants sans asthme qu'avec asthme (score<sub>sans asthme</sub> = 2.78 ; score<sub>avec asthme</sub> = 0.21 à M<sub>1</sub>, 0.57 à M<sub>2</sub>), témoignant de l'intérêt plus accru des premiers sur un tel outil d'apprentissage.

## 1.3 Contribution d'un STI

Après l'évaluation pédagogique de KidBreath, nous nous sommes concentrés sur la valeur ajoutée d'un STI basé sur le modèle du BMB pour l'éducation thérapeutique des enfants asthmatiques dans un environnement réel non contrôlé.

Dans les résultats, l'apprentissage personnalisé via l'implémentation d'un STI au sein de KidBreath a permis d'améliorer l'efficience pédagogique en termes de motivation intrinsèque, de durée d'apprentissage et d'étendue des contenus explorés, sans pour autant noter une

augmentation de l'efficacité pédagogique (amélioration non significative du niveau de connaissance sur l'asthme suscitée par KidBreath) après un mois d'utilisation.

Notre étude s'est basée sur les travaux de Clement et ses collaborateurs dans les systèmes tutoriels pour les mathématiques (Clement et al., 2016, 2015), qui ont montré des résultats positifs dans la personnalisation et l'adaptation des activités pédagogiques, notamment parce qu'ils ont pu réaliser de nombreuses études pilotes, d'une part en simulation (2 x 600 élèves), d'autre part en environnement réel contrôlé (400 élèves), leur permettant d'adapter les paramètres au modèle d'apprentissage. Si l'algorithme ZPDES a été paramétré pour s'adapter à une population hétérogène, la population clinique de notre étude pourrait ne pas correspondre au modèle étudiant ainsi développé. En effet, l'environnement réel non contrôlé sur une étude ayant duré un mois auprès d'enfants devant gérer une maladie chronique au quotidien correspondent à des conditions d'étude bien différentes de celles réalisées par ces chercheurs, dans un contexte scolaire contrôlé, avec une unique utilisation de 40 minutes. Là encore, selon la théorie du progrès d'apprentissage (Oudeyer et al., 2016), l'effet de la nouveauté de l'activité dans le cadre scolaire a pu provoquer chez les enfants de ces expérimentations de meilleurs résultats d'apprentissage. Si la nouveauté était également présente pour les enfants devant utiliser KidBreath version STI, les activités liées à leur maladie, qu'ils ont déjà en tête constamment du fait du caractère envahissant de leur maladie, ont pu faire décroître cet attrait de nouveauté. Ainsi, dans notre contexte avec une population clinique, l'étude 2b pourrait être vue comme une étude pilote d'ajustement de l'algorithme ZPDES pour KidBreath version STI.

Bien que le modèle étudiant implémenté dans ZPDES diffère entre les études de l'équipe de Clement et celle associée à KidBreath, l'opérationnalisation incomplète de l'algorithme ZPDES dans KidBreath a conduit à des séquences d'activités d'apprentissage répétées qui ne tenaient pas compte du progrès d'apprentissage réel sur l'asthme. En effet, KidBreath comptabilisait la majorité du temps les réponses rentrées comme étant incorrectes, alors que la plupart du temps la réponse était correcte (mauvaise gestion de l'orthographe pour les Quiz, et exhaustivité des réponses à cocher obligatoire pour les QCM). Pour ces raisons, le graphe d'exploration de ZPDES n'a pas pu être étendu car le seuil d'activation n'a jamais été atteint et le taux de réussite restait faible. Les enfants ont alors rapporté que l'ensemble des activités réalisées était souvent le même, où leurs réponses étaient considérées comme incorrectes en continu. Cette frustration, qui a conduit à des comportements de désintérêt et d'abandon, va dans le même sens que l'hypothèse du progrès d'apprentissage. En effet, en se rendant compte que les activités proposées ne leur permettaient pas d'améliorer les erreurs de prédiction, il y a eu probablement une décroissance d'intérêt et de temps passé dessus (par exemple, voir chapitre 2, figure 2.13). La curiosité générée par l'aspect de la nouveauté et par les progrès d'apprentissage qui avaient été faits dans les premières sessions a ainsi été fortement diminuée.

Les caractéristiques psychologiques de notre population (âge, sévérité de l'asthme, expériences antérieures en ateliers d'ETP, etc. – cf. chapitre 3) ont pu également jouer un rôle important dans les résultats en lien avec le STI implémenté, et ce, comparativement aux populations neurotypiques explorées dans les études de Clement et al., où le STI s'est révélé performant. En effet, en considérant les théories cognitives détaillées dans le chapitre 2, le non changement dans la perception de la maladie, la diminution de l'engagement au sein de l'étude et le manque d'évolution dans les connaissances sur l'asthme peuvent être expliqués à plusieurs niveaux :

- Selon la théorie de l'Action raisonnée (Fishbein & Ajzen, 1975) et la théorie du comportement planifié (Ajzen, 1985, 1991), l'intention d'exercer un comportement positif en santé va dépendre du coping que l'individu adopte (croyance comportementale). Les plus âgés ont une propension par exemple à être dans le déni

- par peur d'être stigmatisés (de Benedictis & Bush, 2007). Les normes subjectives elles, vont dépendre de l'implication des parents. On pourrait penser que ces derniers sont un levier pour faire émerger l'intention comportementale, cependant durant les études utilisateurs, les contraintes familiales externes (travail, activités extra scolaires, emploi du temps difficile, etc.) tendent à faire penser que les attitudes des proches ne suffisent pas. Ce constat est lié à la perception du contrôle, étroitement dépendant de l'implication des proches (ressources, capacités, opportunités, influence des proches).
- Le Health Belief Model lui (Hochbaum et al., 1992), met en exergue que notre population, suite aux retours des tests utilisateurs, sous-estime la gravité de la maladie (*percieved seriousness*), et ne font pas forcément de lien entre les bénéfices et les contraintes de l'utilisation de KidBreath, entamant certainement l'impact de KidBreath sur leur sentiment d'efficacité personnelle (SEP), concept clé pour adopter un comportement positif.
  - L'efficacité personnelle est plus détaillée dans la théorie de l'apprentissage social (Bandura & Walters, 1977) et la théorie sociale cognitive (Bandura, 1986). En effet, la croyance qu'a un individu sur la capacité qu'il a à réaliser ou non une tâche est déterminante dans l'adhésion à utiliser KidBreath sur le court-terme, et dans l'adhésion thérapeutique *in fine*. Il s'agit du fondement du principe d'auto-détermination, où l'enfant doit être convaincu que l'outil va lui permettre d'améliorer son état de santé. La littérature a cependant relevé que les enfants atteints de pathologie avaient en général un faible SEP (Lieberman, 1997). Confrontés à des difficultés, ils butent sur leurs déficiences personnelles, sur les obstacles et sur les conséquences négatives de leurs actes plutôt que de se concentrer sur la façon d'obtenir une performance satisfaisante. Ils diminuent leurs efforts et abandonnent rapidement face aux difficultés. Ce constat est soutenu dans les résultats associés à l'efficacité pédagogique de KidBreath sur nos participants, où les enfants ayant utilisé KidBreath version STI ont un niveau de MI plus faible que les enfants asthmatiques ayant utilisé KidBreath sans STI (score à  $M_1 = 1.91$  avec STI ; score à  $M_1 = 2.00$  sans STI).

En d'autres termes les caractéristiques psycho-cliniques de nos participants asthmatiques sont certainement des facteurs influençant la performance de l'algorithme ZPDES obtenue en population générale d'enfants. A ce titre, des hyper-paramètres en lien avec ces facteurs d'influence (e.g., âge, sévérité de l'asthme, expériences antérieures en ateliers d'ETP) devront être formalisés pour optimiser l'efficacité de l'algorithme ZPDES.

### 1.4 Intégration des résultats aux approches ergonomiques des IHM

Après avoir discuté des résultats obtenus dans les études empiriques (chapitre 3), d'une part selon la population ayant participé aux études, d'autre part selon la personnalisation par STI des séquences d'activités proposées dans KidBreath, il est intéressant d'analyser ces résultats du point de vue expérience utilisateur (UX) que nous avons abordé comme une des bases théoriques de notre travail (voir chapitre 2).

En effet, en reprenant le modèle UX d'Hassenzhal (2003) détaillé dans le chapitre 2 (3.1.2.1), ce dernier explique que les individus perçoivent les produits interactifs selon des dimensions pragmatiques (utilité, utilisabilité), et des dimensions hédoniques (stimulant, motivant, plaisant). Dans le cadre de notre projet, nous avons évalué les dimensions

pragmatiques par l'efficacité pédagogique de l'outil et par l'adhésion à l'outil, et les dimensions hédoniques par les échelles liées à la motivation et à la curiosité.

En reprenant les différents scores, nous avons illustré la synthèse des qualités pragmatiques et hédoniques de KidBreath sans STI et KidBreath avec STI sur le tableau de visualisation utilisé pour réaliser l'AttrakDiff (voir exemple chapitre 2, figure 2.27). Cette illustration, classiquement utilisée pour comparer l'UX de deux produits, exprime les deux dimensions d'un produit interactif qui sont perçues par chaque individu, selon le postulat d'Hassenzahl (2003) : l'un dit « pragmatique » et l'autre dit « hédonique ». L'association des deux dimensions permet d'attribuer une valeur de l'expérience UX, où les individus peuvent percevoir les liens plus au moins forts des attributs associés à ces deux dimensions :

- La combinaison entre des attributs pragmatiques faibles et attributs hédoniques faibles est tout simplement une UX non désirée. Ce caractère de produit implique que le produit n'est capable de satisfaire ni les besoins pragmatiques des utilisateurs, ni leurs besoins hédoniques. Un outil interactif issu de cette combinaison serait qualifié de « superflu » (*superfluus*).
- A l'inverse, une combinaison entre des attributs pragmatiques forts et des attributs hédoniques forts désigne le produit désiré (*desired*), le but ultime d'une bonne conception pour une UX optimale sur les deux dimensions.
- Mais le plus souvent, les deux groupes d'attributs ne seront pas équilibrés. Hassenzahl désigne ainsi un produit principalement à visée pragmatique (*task-oriented*) dont la valeur pragmatique est forte et celle hédonique faible, et un produit principalement hédonique (*self-oriented*), avec un profil de valeurs inversées.
  - Un produit *task-oriented* est inévitablement lié aux objectifs/tâches de l'utilisateur. Ces objectifs varient, ils peuvent être prescrits par des personnes externes ou générés par l'individu lui-même. Leur importance sera perçue comme variable par l'utilisateur et l'attrait d'un tel produit dépendra fortement du statut de l'objectif à atteindre (application métier par exemple).
  - A l'inverse, un produit *self-oriented* est lié à l'utilisateur lui-même, son identité, ses idéaux, ses souvenirs, ses relations. L'appréciation de ce type de produits est beaucoup plus stable et le lien avec l'utilisateur est beaucoup plus fort qu'avec un produit *task-oriented* (par exemple un jeu vidéo).

Dans la figure ci-dessous, nous avons ainsi mis KidBreath - avec STI dans des qualités hédoniques et pragmatiques plutôt neutres (avec une dimension hédonique légèrement plus élevée qu'une dimension pragmatique) alors que KidBreath - sans STI est placé dans des qualités pragmatiques et hédoniques plus élevées pour plusieurs raisons :

- 1) Tout d'abord, les gains d'apprentissage sur l'asthme non pas atteint la significativité après un mois d'utilisation pour KidBreath - avec STI, contrairement à KidBreath – sans STI ;
- 2) Les scores de Motivation Intrinsèque sont moins importants après un mois d'utilisation pour la condition « avec » que pour la condition « sans » ( $\text{score}_{\text{avec}} = 1.91$  ;  $\text{score}_{\text{sans}} = 2.00$ ), alors que c'est l'inverse concernant la Motivation Extrinsèque ( $\text{score}_{\text{avec}} = 1.22$  ;  $\text{score}_{\text{sans}} = 0.98$ ) et l'Amotivation ( $\text{score}_{\text{avec}} = 0.60$  ;  $\text{score}_{\text{sans}} = 0.43$ ). Enfin, les scores enregistrés après un mois d'utilisation concernant l'adhésion des enfants asthmatiques à l'outil sont plus faibles dans la condition « avec » que dans la condition « sans » : que ce soit l'engagement des enfants rapporté par les parents ( $\text{score}_{\text{avec}} = 1.46$  ;  $\text{score}_{\text{sans}} = 1.67$ ), ou l'engagement des enfants auto-rapporté ( $\text{score}_{\text{avec}} = 1.33$  ;  $\text{score}_{\text{sans}} = 1.64$ ).

Aussi, KidBreath – sans STI a démontré son efficacité pédagogique après deux mois d'utilisation, avec une motivation intrinsèque élevée et des comportements en santé positifs relevés dans les verbatims. Pour cette raison, nous avons positionné sa perception du point de vue UX dans la limite basse de l'aire « *desired* », même s'il a une tendance *self-oriented*.

Après avoir analysé dans le chapitre 3 les leçons tirées de l'implémentation d'un STI intégré dans un outil tel que KidBreath, la prochaine version à développer prendra en compte les limites qui ont impacté les résultats. Ainsi, le nouveau STI KidBreath aura pour objectif d'être perçu comme ayant des qualités hédoniques et pragmatiques plus fortes (limite haute de l'aire « *desired* »).

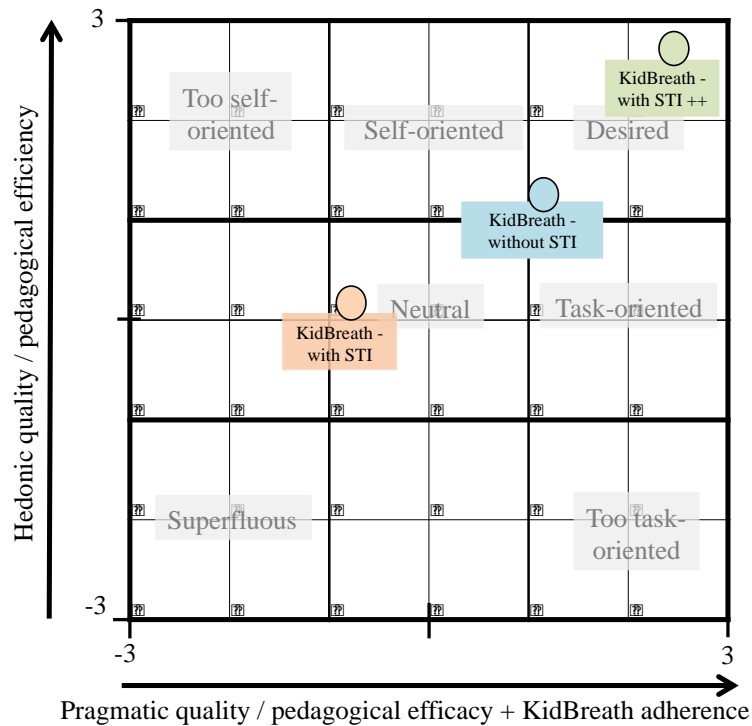


Figure 4.1 : Représentation UX de KidBreath avec (en orange) et sans STI (en bleu). La représentation en vert désigne l'outil après avoir pris en compte les limitations décrites dans les résultats empiriques.

L'ensemble des réalisations menées soutient la volonté à poursuivre dans cette voie de recherche. Néanmoins, il est important de noter et d'avoir conscience de certaines limites de notre travail rencontrées dans le cadre de la thèse, pour les considérer comme pistes futures d'amélioration.

## 2 Limitations du travail

Les principales limites de notre travail peuvent être regroupées en deux grandes catégories : 1) celles relatives au cadre de la thèse CIFRE ; 2) celles relatives à la méthodologie mise en place dans les expérimentations.

### 2.1.1 Attentes industrielles vs. recherche

Le projet de thèse s'inscrit autour d'une collaboration CIFRE (Convention Industrielle de Formation par la Recherche) alliant des engagements venant de la société ItWell et de Inria. A cours de ces trois années de thèse, le projet de recherche initial a rencontré de nombreuses difficultés avant d'être mené à bien, tout d'abord parce que les attentes de la société différaient quelque peu de celles de Inria. En effet, la société ItWell souhaitait développer un outil d'auto-apprentissage pour des patients atteints de maladies chroniques afin de soutenir le pharmacien d'officine dans les ateliers d'éducation thérapeutique conformément à la loi HPST (2009). Elle a ainsi collaboré avec Inria dans le cadre de la convention CIFRE pour développer un tel outil. Malheureusement, si l'algorithme ZPDES a été adapté et testé dans le cadre des études de recherche, il n'y avait aucun contenu ni aucun support existant, d'où la mise en place de la méthodologie de conception participative qui est détaillée dans le chapitre 3. N'ayant pas les compétences techniques en interne pour implémenter un tel outil, la recherche de développeur en informatique et de graphiste prestataires a alors pris du temps (par exemple, participer à un Hackathon pour recruter lesdites compétences techniques), tout comme le suivi de l'implémentation des différentes versions comme l'atteste le cahier des charges, dont la dernière version est mise en Annexe (chapitre 5 - section 3). Le prototype KidBreath qui en a découlé fait l'objet actuellement d'un dossier de financement participatif pour pouvoir le mettre sur le marché. Ce résumé succinct des étapes de développement informatique de KidBreath révèle toutes les difficultés que doit surmonter un projet de recherche « action » dans un contexte industriel et économique contraint d'une TPE.

### 2.1.2 Expérimentations sur une population clinique

Un quatrième associé a également été intégré au projet de thèse un an après son lancement pour, d'une part, valider médicalement les contenus d'information scénarisés dans les activités de KidBreath, d'autre part pour pouvoir recruter des patients cible durant les sessions d'ETP : c'est le CETBA. Cette structure a ainsi signé une collaboration, où un ROI (Rest of Interest, i.e. retour sur investissement par rapport au chiffre d'affaire que générerait le futur produit) était attendu après mise sur le marché du produit. Comme convenu, nous avons pu recruter une trentaine de familles d'enfants asthmatiques après avoir obtenu leur accord, soit durant les séances d'ETP, soit par un des médecins partenaires du CETBA. Cependant, les 31 familles qui ont donné leur accord étaient en majorité dispersées de part et d'autre du département de la Gironde (voir figure ci-dessous). Comme le recrutement se faisait sur la base du volontariat, sans aucune gratification, les interventions à domicile devaient être le moins contraignant possible pour les familles si nous ne voulions pas d'abandon en cours d'étude. Ainsi, les déplacements se faisaient au domicile des familles volontaires, de préférence en semaine ou le samedi, aux horaires où l'enfant devait être présent pour remplir les questionnaires, donc en dehors du rythme scolaire. Etant la seule protagoniste du projet à réaliser les études utilisateurs auprès de la population cible (voir étude 2a et étude 2b du chapitre 3), les déplacements ont

posé des contraintes logistiques considérables, entre les annulations de dernière minute, les horaires tardifs des sessions d'évaluation etc. Au total, c'est presque 5000 km de voiture qui ont été effectués aux domiciles des familles volontaires entre le 2 octobre 2017 et le 15 janvier 2018.



Figure 4.2 : Cartographie des familles volontaires d'enfants asthmatiques pour les études 2a et 2b.

Dans la même veine, ces difficultés logistiques sont issues de la difficulté de recrutement des populations cliniques. En effet, si ces populations représentent davantage les utilisateurs finaux qui utiliseront KidBreath lorsqu'il sera mis sur le marché, le fait de ne pas appartenir à une cohorte d'étude a été difficile afin de justifier leur investissement dans un tel projet de recherche, surtout lorsqu'il s'agit de personnes mineures. Ce problème aurait pu être pallié si nous avions voulu des données seulement quantitatives en mettant le prototype sur des plateformes de téléchargement. Nous aurions alors pu obtenir les parcours d'apprentissage individuels avec beaucoup plus de participants, seulement nous n'aurions eu aucune donnée qualitative, ni aucune information sur le profil des participants. Or, l'objectif du projet de thèse s'inscrit dans une démarche d'ergonomie et de méthodes centrées utilisateurs, où les besoins de l'utilisateur et la motivation intrinsèque sont au cœur de notre approche.

Les limites que nous venons d'énumérer constituent un socle d'amélioration à prendre en considération pour les perspectives, notamment dans le cadre de travaux similaires qui



## *2 Limitations du travail*

souhaiteraient adopter la même méthodologie. La section qui suit relate les étapes faisant suite au projet de thèse.

## 3 Perspectives

Ce travail a permis la conception et la validation expérimentale d'un serious game à visée d'éducation en santé afin d'améliorer l'adhésion thérapeutique d'une maladie chronique chez les enfants. De façon innovante, il s'agit d'un des premiers travaux qui applique une méthodologie de Conception Participative en prenant en compte notamment les traits de motivation intrinsèque via les mécaniques de gamification intégrées pour optimiser l'apprentissage, selon l'hypothèse du progrès d'apprentissage. Si la majorité des serious games en santé ont évalué leurs outils dans des environnements contrôlés, aucun ne l'a fait d'une part, auprès d'une population contrôlée afin d'évaluer les effets d'efficacité et d'efficacité pédagogique, d'autre part auprès de notre population cible dans un environnement réel non contrôlé pendant deux mois. Enfin, l'intégration d'un algorithme d'optimisation d'apprentissage au sein du serious game a permis de recueillir des retours utilisateurs pertinents pour la suite d'un tel projet visant l'intégration d'un STI au sein d'un serious game.

Ce travail scientifique débouche sur des perspectives d'ordre différent : d'une part, l'ouverture scientifique de notre travail sur le projet Kidlearn dont les méthodologies d'évaluation sont inspirées des nôtres, et d'autre part, les débouchés industriels de notre travail, grâce à l'implication de la société ItWell dans notre dispositif de thèse CIFRE.

### 3.1 Ouverture scientifique des travaux sur Kidlearn

#### 3.1.1 Présentation du projet Kidlearn

Les objectifs du projet Kidlearn sont multiples et s'étendent sur deux domaines de recherche : l'éducation et le Machine Learning. La finalité de cette combinaison de thématiques est la conception d'une méthode adaptative innovante et de haut niveau qui permettrait d'optimiser et de personnaliser automatiquement les parcours d'apprentissages utilisant des dispositifs numériques (logiciels éducatifs, plateformes d'accompagnement scolaire, MOOC, ...). Ce projet, qui a commencé en 2014, a permis de mettre en place des expérimentations visant à tester, avec des élèves de CE1, un logiciel éducatif sur l'usage de la monnaie intégrant des algorithmes d'optimisation tels que ZPDES (voir chapitre 2 avec notamment les travaux de Clément et al.). La thématique de la monnaie a l'intérêt de concerner le domaine « nombres et calculs » de l'école élémentaire, domaine faisant l'objet d'une réflexion nationale pour améliorer le niveau des élèves.

L'objectif de ces expérimentations est d'évaluer l'efficacité d'adaptation des algorithmes aux différents profils des élèves, en se basant sur l'hypothèse du progrès d'apprentissage (Figure 4.3) (Oudeyer et al., 2016). Un premier enjeu du projet est de permettre la personnalisation de l'apprentissage des connaissances sur les mathématiques. Récemment, et depuis les expérimentations de KidBreath, l'impact de Kidlearn sur la motivation intrinsèque des élèves est également considéré.

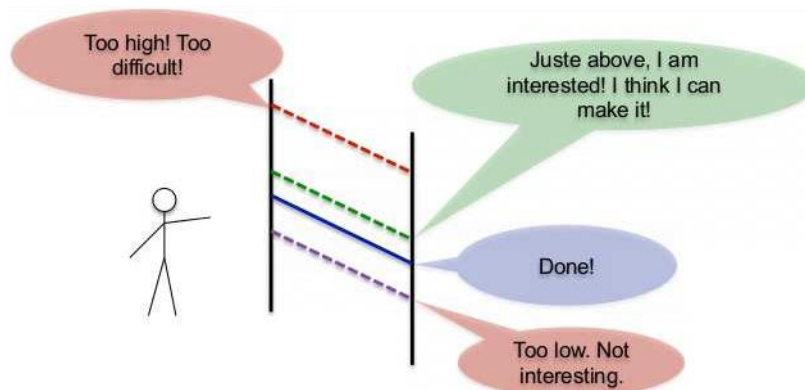


Figure 4.3 : Représentation imagée de l'hypothèse du progrès d'apprentissage, où l'algorithme ZPDES va proposer des activités « apprenables » en maximisant le progrès d'apprentissage (donc ni trop faciles pour éviter l'ennui, ni trop difficiles pour éviter la frustration et l'abandon).

### 3.1.2 Expérimentation Kidlearn - 2018

Les objectifs spécifiques de Kidlearn étaient à la fois de tester la nouvelle version de l'algorithme ZPDES (introduisant notamment la notion de « choix » lors de la génération des activités), mais aussi d'observer les corrélations possibles des résultats à un type de profil d'élève.

Le jeu présent dans l'application Kidlearn est semblable au jeu de la marchande (Figure 4.4). Le joueur peut prendre soit le rôle du client (acheter un ou plusieurs objets), soit le rôle du marchand (rendre la monnaie). Les compétences visées sont celles relatives au calcul mathématique (additions, soustractions) et celles relatives à la connaissance de la monnaie (pièces et billets réels). Dans cette version de Kidlearn, la notion de choix a été introduite, afin d'en mesurer l'influence par rapport à des conditions expérimentales sans choix. Ces choix se portent sur le type d'activités, ou sur les objets échangés. Pour les élèves ayant des conditions de choix, une interface leur proposant deux choix leur est présentée avant chaque nouvelle activité.



Figure 4.4 : Interface Kidlearn où le joueur peut prendre soit le rôle du client (gauche), soit le rôle du marchand (droite).

Les expérimentations de Kidlearn - 2018 ont été réalisées avec 24 classes de CE1 pour un total de 522 élèves (dont 2 classes pilotes regroupant 59 élèves qui n'ont pas été inclus).

#### 3.1.2.1 Conditions manipulées

Pour ces expérimentations, cinq conditions ont été testées au total (Figure 4.5) afin d'évaluer l'algorithme ZPDES (ZPDES vs. Algorithme – Séquence Prédéfinie) et ses

implémentations avec ou sans choix proposé à l'utilisateur (ZPDES imposé vs. Aléatoire vs. Choix contenu vs. Choix activité) :

- Séquence prédéfinie (*Predefined*) : séquence gérée par un algorithme utilisant des mécaniques de gestion très simple (ex : évaluation du taux de réussite sur quatre activités pour passer au niveau suivant) ;
- ZPDES (imposé - optimal) : séquence gérée par ZPDES (Zone of Proximal Development and Empirical Success) où l'activité proposée est déterminée selon l'intérêt le plus fort dans toutes les activités de la ZPD (voir chapitre 2) ;
- ZPDES\_r (imposé - aléatoire) : séquence gérée par ZPDES où l'activité proposée est choisie aléatoirement dans toutes les activités de la ZPD ;
- ZPDES\_co (choix contenu) : séquence gérée par ZPDES et les élèves ont le choix entre plusieurs objets/contenus de l'activité proposée dans toutes les activités de la ZPD ;
- ZPDES\_ca (choix activité) : séquence avec ZPDES et les élèves ont le choix parmi différentes activités sélectionnées par l'algorithme.

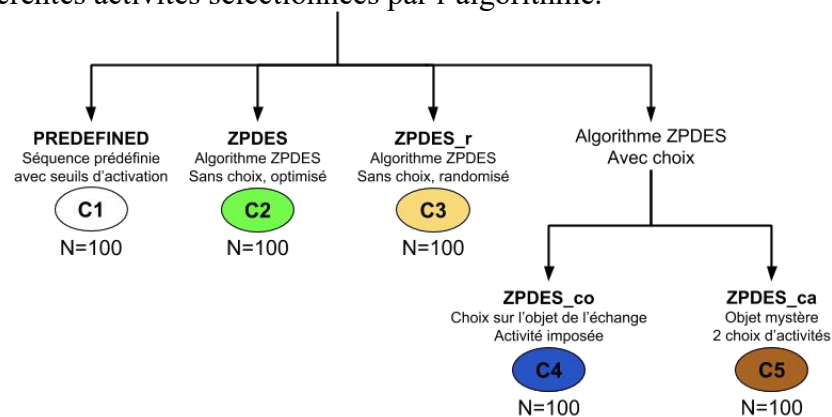


Figure 4.5 : Graphique résumant les conditions testées pour l'expérimentation Kidlearn 2018.

Ainsi, les mesures d'évaluation des cinq conditions d'apprentissage se sont inspirées de la méthodologie mise en place dans le cadre du projet KidBreath, notamment du point de vue de l'efficacité pédagogique et de l'efficience pédagogique de l'outil. L'implémentation de ZPDES avec ou sans choix permet d'étudier l'influence des mécanismes de motivation intrinsèque via la liberté de choix (contenu ou activité) sur le fonctionnement de l'algorithme ZPDES.

### 3.1.2.2 Mesures d'évaluation des cinq conditions d'apprentissage

- *Profils.* Un questionnaire de profil regroupe des questions relatives aux informations « générales » des participants. Il a pour but d'établir un profil initial pour chaque participant du point de vue de son niveau de littératie, de numératie, de sa familiarité aux technologies et de sa perception sur les choix qu'il fait au quotidien (choix des amis, choix des vêtements, choix du repas, choix des activités).
- *Efficacité pédagogique.*
  - o Afin d'étudier l'efficacité pédagogique de Kidlearn 2018, une évaluation en pré-utilisation et en post-utilisation sur les connaissances des participants à l'expérimentation a été réalisée (questionnaire de calcul sur la monnaie créée via un expert pédagogique en mathématiques).
  - o Une mesure de généralisation a également été intégrée afin de vérifier si les connaissances apprises via l'outil pouvaient être appliquées dans des tâches très similaires à celles entraînées au niveau contenus mais à habillage différent.

- *Efficiences pédagogiques.*
  - La vitesse à laquelle la population atteint un niveau de difficulté, la dispersion dans les parcours pédagogiques proposés (via les Circos cf. chapitre 3), le nombre d'activités de chaque type atteints et réussis, et l'évolution du taux de réussite pour chaque activité ont été mesurés pour sonder l'efficacité pédagogique et ce, en complément des mesures d'efficacité pédagogique
  - Afin d'étudier plus amplement l'impact de Kidlearn en termes d'efficacité pédagogique, une « échelle émotionnelle » a été créée. Il s'agit d'une échelle sur laquelle les participants se placent pour dire comment ils se sentent au début, au milieu et à la fin de la séance expérimentale afin de suivre l'état émotionnel du participant tout au long de l'expérimentation.
  - Le questionnaire de Motivation Intrinsèque (MI) est celui de l'étude de Cordova et Lepper (1996). Initialement utilisé dans les premières évaluations de KidBreath dans le cadre de la Conception Participative (voir chapitre 3), il a également dû être adapté au contexte de Kidlearn, où deux items ont été ajoutés. Il permet donc d'évaluer plus précisément le niveau de motivation intrinsèque des participants en jouant à Kidlearn. Le but est de suivre l'évolution des scores au cours des sessions expérimentales. En effet, c'est le seul questionnaire auquel les élèves répondent plusieurs fois (3 séances sur 4). Il contient 10 items sur une échelle de Likert à 5 points.
  - Le questionnaire de Type de Motivation (TM) a pour objectif de comprendre quel(s) type(s) de motivation l'élève entretenait lorsqu'il jouait sur l'application Kidlearn. Basé sur l'Echelle de Motivation en Education de Vallerand (Vallerand et al., 1989), ce questionnaire s'est inspiré de celui qui a été adapté au projet KidBreath (chapitre 3). Il contient donc 21 items, soit 3 pour chacune des 7 catégories de motivations de l'EME. Les réponses proposées sont seulement oui ou non.
  - Le questionnaire de Profil Scolaire (PS) (Lazar, 1999). Il vise à contrôler le rôle du profil psychologique initial de l'élève sur les mesures d'efficacité et d'efficacité pédagogique de Kidlearn. Basé sur les travaux de Lazar, il réunit deux questionnaires. Le premier évalue la qualité de vie scolaire avec une prédiction de 70% concernant les comportements de désengagement/démotivation scolaire (Lazar, 1999). Il est multi-composante avec des items portant sur la satisfaction à l'école, sur l'intérêt de l'élève pour les apprentissages scolaires, et sur la nature des interactions élève-professeur/attitude des élèves envers le professeur. Le second est issu de celui élaboré par Weber et al. (Weber, Martin, & Cayanus, 2005), qui mesure l'empowerment de l'apprenant avec des questions du type "This course will help me achieve my future goals" and "I have the qualifications to succeed in this class". Au total, le questionnaire PS contient 10 items sur une échelle de Likert à 5 points.
  - Le questionnaire d'Interface de Jeu (GI pour Game Interface) (Murchland, Kernot, & Parkyn, 2011) est un questionnaire de satisfaction de l'utilisateur vis-à-vis de l'interface. Il contient 8 items sur une échelle de Likert à 5 points (excepté une question de type QCM).

### 3.1.2.3 Procédure

La procédure s'articule autour de quatre sessions d'expérimentation, répartie sur deux semaines.

Tableau 4.1 : Procédure et calendrier des sessions d'évaluation de Kidlearn 2018.

Session 1 (1h20)	Session 2 (45 min)	Session 3 (45 min)	Session 4 (1h)
1) Présentation du projet Kidlearn	1) Echelle émotionnelle n°1	1) Echelle émotionnelle n°1	1) Echelle émotionnelle n°1
2) Echelle émotionnelle n°1	2) Utilisation de l'application Kidlearn (30 min)	2) Questionnaire PS	2) Questionnaire TM
3) Questionnaire général sur le profil	3) Echelle émotionnelle n°2	3) Echelle émotionnelle n°2	3) Echelle émotionnelle n°2
4) Questionnaire de connaissance en pré-test (20 min)	4) Questionnaire MI n°2	4) Utilisation de l'application Kidlearn (30 min)	4) Questionnaire de connaissance en post-test (20 min)
5) Echelle émotionnelle n°2	5) Questionnaire GI	5) Questionnaire MI n°3	5) Echelle émotionnelle n°3
6) Utilisation de l'application Kidlearn (30 min)	6) Echelle émotionnelle n°3	6) Echelle émotionnelle n°3	
7) Echelle émotionnelle n°3			
8) Questionnaire MI n°1			

### 3.1.3 Résultats préliminaires Kidlearn 2018

Les expérimentations Kidlearn 2018 étant terminées depuis peu, les résultats préliminaires qui suivent analysent de façon descriptive les données concernant les questionnaires associés à la motivation et aux scores de connaissance en pré-intervention et en post-intervention.

#### 3.1.3.1 Efficacité pédagogique : questionnaire de connaissance pré/post

Le graphique ci-dessous représente la répartition des scores de connaissances relatifs à l'utilisation de la monnaie au pré-test et au post-test en fonction du type de séquence. A chaque fois, la première boîte à moustache représente la répartition des scores au pré-test, et la deuxième boîte à moustache représente la répartition des scores au post-test. Les tests se composent de 20 questions, et une question correcte rapporte 1 point. Les scores sont donc calculés selon le nombre de réponses correctes.

Les analyses sont seulement descriptives, cependant le premier constat que l'on peut faire de ces graphiques est que tous les scores des post-tests sont globalement plus élevés que les scores des pré-tests. Cela signifie que les élèves ont, globalement, mieux réussi après avoir joué à Kidlearn, suggérant un apprentissage pour toutes les conditions.

De façon plus détaillée, nous avons calculé le gain d'apprentissage moyen en reprenant la formule utilisée dans les études empiriques de KidBreath :

$$(score\ post\ -\ utilisation - score\ pré\ -\ utilisation) / (score\ post\ -\ utilisation + score\ pré\ -\ utilisation)$$

- Prédéfinie (score<sub>pré</sub> = 7.7 vs. score<sub>post</sub> = 10.0) : gain<sub>prepost</sub> = .13 ;
- ZPDES\_r (score<sub>pré</sub> = 5.9 vs. score<sub>post</sub> = 8.7) : gain<sub>prepost</sub> = .191 ;
- ZPDES (score<sub>pré</sub> = 6.4 vs. score<sub>post</sub> = 9.0) : gain<sub>prepost</sub> = .17 ;
- ZPDES\_co (score<sub>pré</sub> = 5.8 vs. score<sub>post</sub> = 8.6) : gain<sub>prepost</sub> = .194 ;
- ZPDES\_ca (score<sub>pré</sub> = 6.3 vs. score<sub>post</sub> = 8.7) : gain<sub>prepost</sub> = .16.

En analysant les données de façon descriptive, le gain d'apprentissage le plus élevé est observé pour la séquence d'activité proposée par l'algorithme ZPDES\_co (choix contenu), montrant alors que la possibilité de choisir les contenus d'activités au sein d'une séquence personnalisée a un impact dans l'apprentissage, ce qui est en accord avec la littérature (Cordova

& Lepper, 1996; Leotti & Delgado, 2011; Murayama et al., 2015). De façon surprenante, les gains d'apprentissage seraient corrélés négativement aux scores enregistrés en pré-test. Cela signifie que l'efficacité pédagogique de l'outil bénéficierait davantage aux élèves qui ont les connaissances initiales sur la monnaie les plus faibles, comme il avait été relevé dans les études empiriques de KidBreath (étude 1 et 2a). Des corrélations statistiques devront être effectuées afin de confirmer la significativité de ces constats.

En regardant de plus près les scores en pré-test de la condition prédéfinie, on remarque qu'ils sont plus élevés que dans les autres conditions (score moyen = 7.7). Provoquant un biais d'échantillonnage, les analyses ultérieures devront alors corriger ces données par une sélection aléatoire des participants avec appariement sur la moyenne des pré-tests.

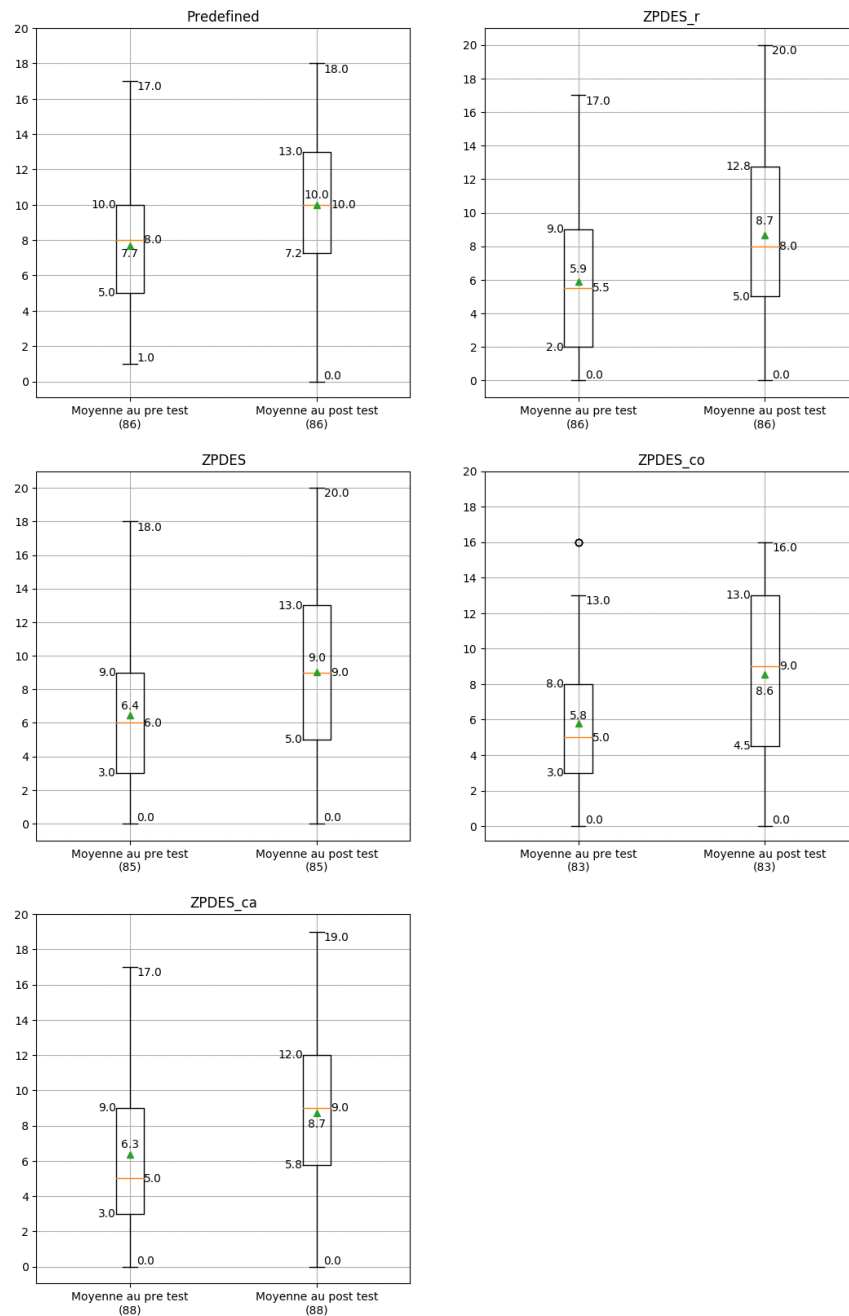


Figure 4.6 : Répartition des scores au questionnaire de connaissance en pré-test et en post-test en fonction du type de séquence.

### 3.1.3.2 *Efficienc e pédagogique : questionnaire TM (Type de Motivation de l'EME)*

Les graphiques ci-dessous représentent la répartition des scores du questionnaire TM selon chacun des 7 types de motivation de l'EME en fonction du type de séquence (Figure 4.7), et regroupés selon les 3 types de motivation (Figure 4.8) : Amotivation (3 items), Motivation Extrinsèque (ME - 9 items), Motivation Intrinsèque (MI - 9 items).

Le questionnaire TM se compose de 21 items, ou plus précisément de 3 items pour chacun des 7 types de motivation de l'EME. Les options de réponse étant binaires, les valeurs des items varient entre 0 (réponse "négative") et 1 (réponse "positive"). Le score de chaque type de motivation peut donc varier entre 0 et 3 (nombre d'items \* valeur maximum de l'échelle = 3 \* 1).

Cette analyse n'est que descriptive, cependant dans le premier graphique on constate que les types de motivation ayant à chaque fois la plus grande fréquence du score le plus élevé (3 - couleur rouge) sont la Motivation Extrinsèque Identifiée, la Motivation Intrinsèque à la Connaissance et la Motivation Intrinsèque à l'Accomplissement, montrant des degrés d'autodétermination élevés lorsque les enfants jouent à Kidlearn. L'outil numérique ayant un objectif éducatif, ces scores sont cohérents avec les attentes.

De façon plus macroscopique, on constate dans le graphique suivant que le type de motivation ayant à chaque fois la plus grande fréquence des scores les plus élevés (9, 8 ou 7) est la MI. Cela montre que les élèves sont plus motivés intrinsèquement (apprécient de jouer avec l'application) plutôt qu'extrinsèquement (se sentiraient forcés ou ne comprendraient pas très bien le but de leurs actions).



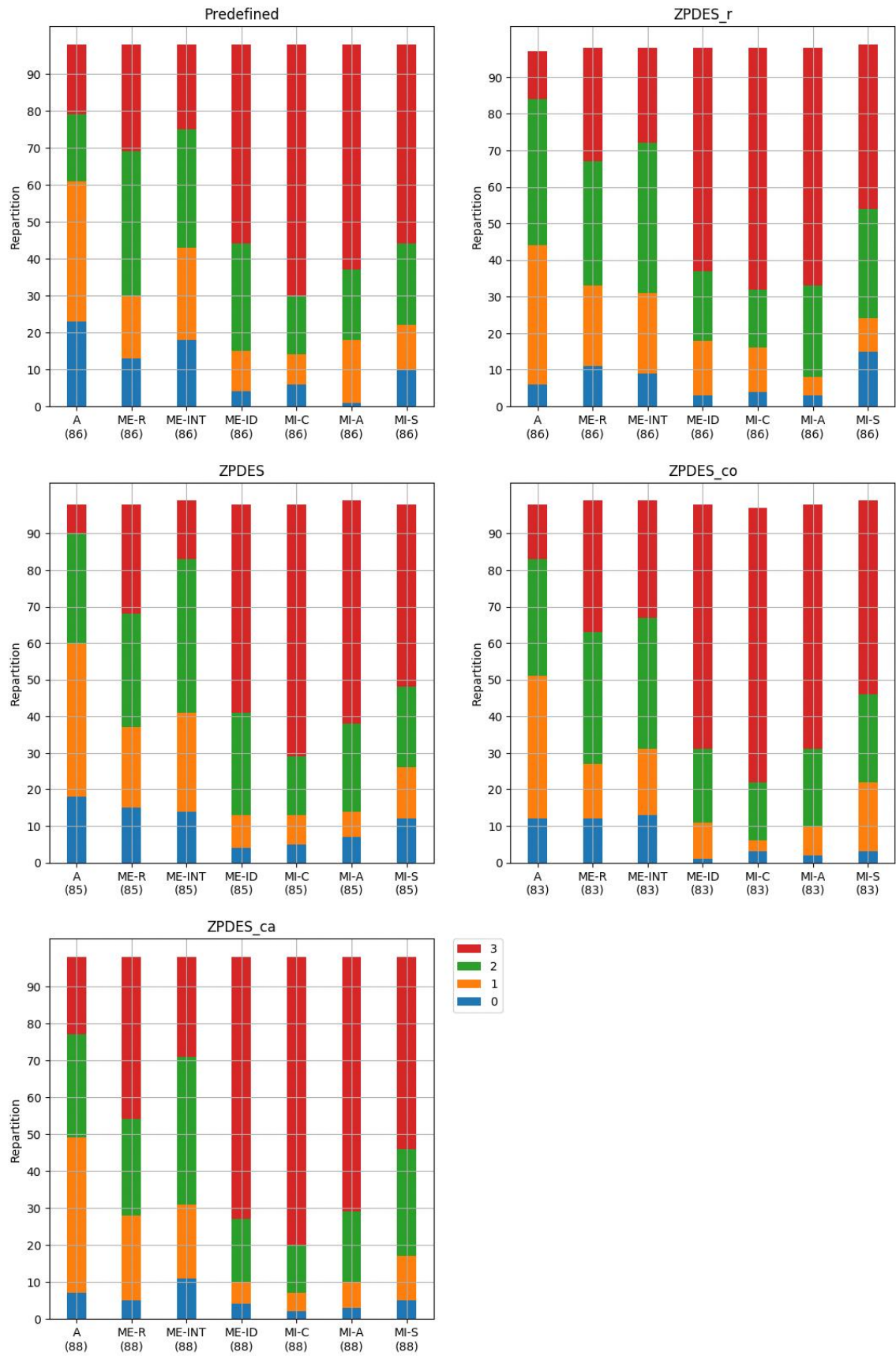


Figure 4.7 : Répartition des scores du TM détaillés sur les 7 sous-échelles en fonction du type de séquence.

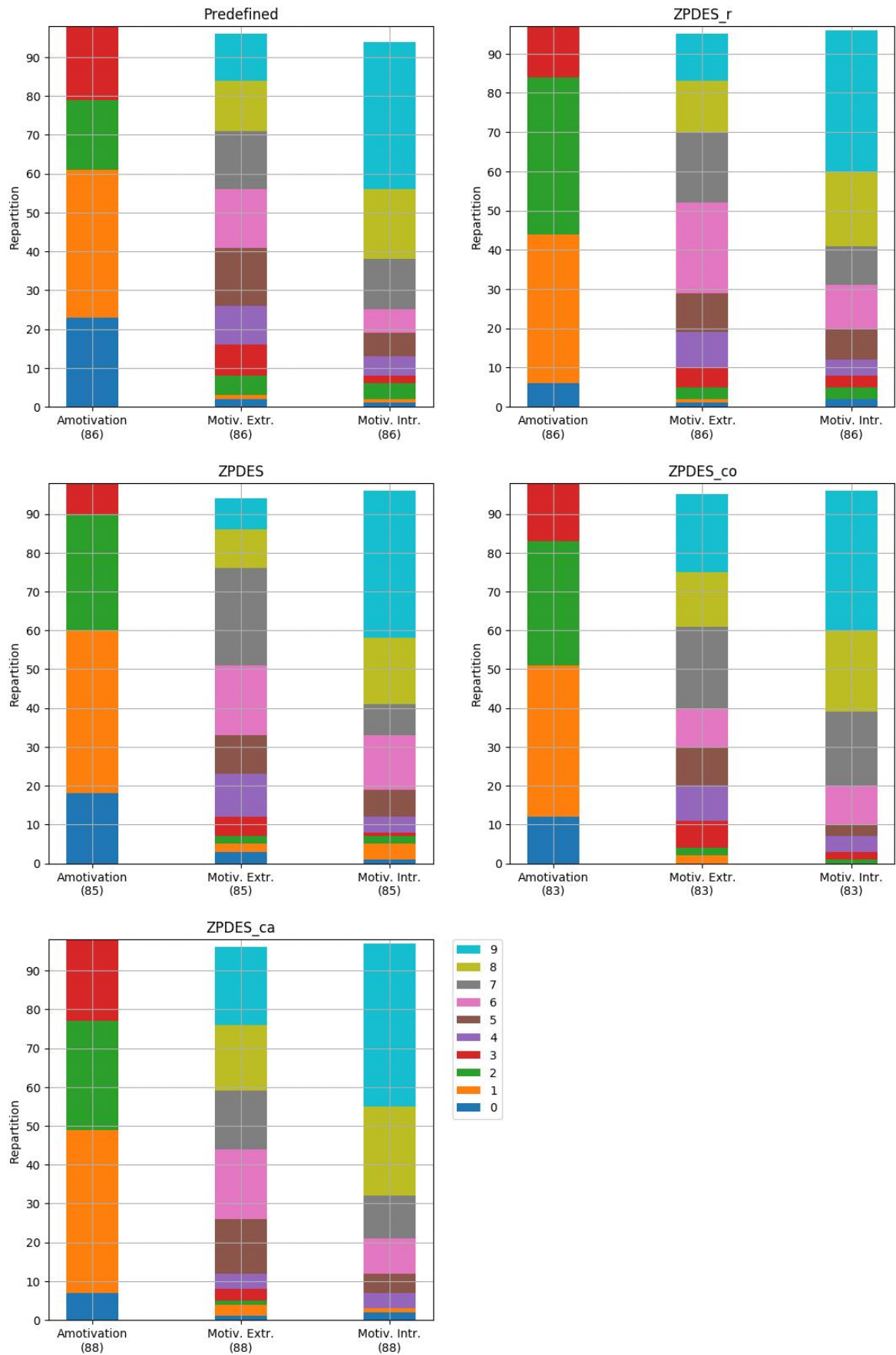


Figure 4.8 : Répartition des scores du TM détaillés sur les 3 sous-échelles en fonction du type de séquence.

En étudiant de façon descriptive l'impact des séquences de Kidlearn sur l'efficacité pédagogique, nous pouvons noter que globalement, les scores de MI sont plus élevés pour la séquence proposée par ZPDES, notamment lorsqu'il propose le choix aux enfants. Les scores sont élevés en session 2 pour la séquence prédéfinie, mais cela peut s'expliquer par le biais d'échantillonnage que nous avons évoqué plus haut pour l'efficacité pédagogique. En regardant plus finement le type de motivation générée selon la séquence, l'utilisation de Kidlearn semble provoquer une motivation intrinsèque durant les sessions. De façon détaillée, la Motivation Extrinsèque - Régulation Identifiée possède également un score élevé mais ce résultat n'est pas surprenant. En effet, comme dans les études relatives à KidBreath, notamment dans les classes, les items associés évoquent le fait que les enfants utilisent l'outil parce qu'on le leur a demandé. Logiquement, les réponses sont positives car même si l'utilisation génère une motivation intrinsèque, le principe de l'expérimentation en environnement réel contrôlé biaise cette catégorie de motivation. Cela montre que des études en environnement réel non contrôlé sont représentatifs d'une utilisation en autonomie, même si pour Kidlearn, cela rentre dans le cadre d'un outil à visée scolaire.

Au total, Kidlearn, quelle que soit la séquence proposée, provoque une forte efficacité et efficacité pédagogique sur les connaissances liées à l'utilisation de la monnaie notamment pour la séquence d'activité proposant du choix de contenus, ce qui est cohérent avec la littérature (Cordova & Lepper, 1996; Leotti & Delgado, 2011; Murayama et al., 2015). Des analyses supplémentaires seront à réaliser notamment en mettant en corrélation les scores liés à la motivation et les gains d'apprentissage associés, dans un objectif de validation de l'hypothèse du progrès d'apprentissage, afin de voir si les séquences de ZPDES avec choix permettent d'optimiser les bénéfices.

Néanmoins comme indiqué, la suspicion de biais d'échantillonnage sur la condition « Séquence Prédéfinie », invite à une précaution interprétative. Il est aisé de comprendre que les corrections d'échantillonnage pourront changer les observations actuelles. En effet, les analyses futures permettront réellement de statuer sur l'impact de ZPDES et de ses différentes versions (optimisation maximale, optimisation aléatoire, optimisation conditionnée sur le choix contenu, optimisation conditionnée sur le choix d'activité) sur le parcours d'apprentissage des élèves, en termes d'efficacité pédagogique (amélioration des performances calculatoires et généralisation aux tâches analogues) et d'efficacité pédagogique (vitesse d'apprentissage, motivation intrinsèque).

Enfin, les effets de médiation du profil général et scolaire de l'enfant seront également analysés pour documenter l'efficacité de l'algorithme ZPDES selon les caractéristiques psycho-scolaires de l'apprenant.

Après avoir spécifié le projet de recherche Kidlearn, dont le nouveau protocole expérimental s'est inspiré des travaux de KidBreath, la prochaine partie évoque les objectifs de la société ItWell quant au devenir du prototype KidBreath du point de vue industriel, où une mise sur le marché est prévue.

## 3.2 Valorisation industrielle

Le projet KidBreath est issu d'un partenariat dans le cadre d'une convention CIFRE comprenant l'équipe de recherche Flowers – Inria Bordeaux et la société ItWell. Après plus de trois ans de réflexions, d'études scientifiques et d'améliorations itératives de KidBreath, ce qui était à l'origine un prototype d'application Web a abouti à un produit commercialisable. L'objectif est désormais de valoriser l'innovation issue de la recherche sur le marché. Ainsi, la

société ItWell a cherché les différentes façons d'introduire sur le marché une innovation résultant d'une recherche scientifique, où l'objectif est de passer du prototype au produit définitif.

A partir d'une seconde version du cahier des charges de KidBreath (Annexe 3 - chapitre 5) et des résultats empiriques des tests utilisateurs (chapitre 3), la société a ainsi repéré les actions à mener afin d'améliorer l'outil en vue de le mettre sur le marché. Ces actions relèvent principalement du développement informatique dans un souci d'amélioration fonctionnelle de l'outil et de mettre en place une opérationnalisation complète de l'algorithme ZPDES. Les étapes d'amélioration s'articulent de la façon suivante :

- Reprendre la conception informatique avec une technologie plus adaptée de façon à ce que l'interface soit interopérable (*responsive* en anglais), c'est-à-dire que l'outil soit utilisable sur smartphone, tablette et PC. Actuellement, l'outil rencontre de trop nombreux bugs ;
- Implémenter les différentes fonctionnalités qui sont ressorties après les différents tests d'usage comme par exemple la personnalisation des bonnes prises du traitement suivant le type d'inhalation (Annexe 4.2 - chapitre 5) ou bien l'intégration d'une option « envoi de SMS » (Annexe 4.1 - chapitre 5) afin d'anticiper les oublis d'utilisation (voir « *call to action* » chapitre 2) ;
- Développer d'autres contenus et fonctionnalités avec l'équipe d'experts médicaux et patients, afin que l'usage soit supérieur à une période de deux mois ;
- Développer le design de l'outil afin d'avoir plus de dynamisme et d'interaction.

A partir de cette liste, le budget nécessaire à la finalisation du produit a pu être ainsi déterminé.

### 3.2.1 Calcul de coût pour finaliser le développement de KidBreath

Afin de rendre plus satisfaisante la version actuelle du site internet au niveau de son utilisabilité et de sa fluidité, deux versions d'amélioration possibles ont été mises en exergue. La première hypothèse consisterait à rester sur l'existant c'est-à-dire sur un support web, ou bien de créer une application à part entière mais cela suppose deux calculs de coûts différents.

#### 3.2.1.1 Maintenir l'existant : rester en application web

Dans ce cas de figure, seule « l'interface client » est à remanier. Il s'agira donc de développer le « Journal de Bord », améliorer le « responsive web design », enlever les bugs et corriger les fautes d'orthographe. Pour ce faire, les compétences requises sont celles d'un développeur web expérimenté dans le développement web Front-End, et notamment dans les frameworks React et Angular. Pour ce projet, le développement web a jusque-là été effectué par des prestataires extérieurs. Nous avons ainsi choisi de continuer avec ces personnes indépendantes pour établir ce calcul de coûts. La particularité des prestataires est qu'ils ont un forfait journalier.

Afin de déterminer le coût de cette option, nous avons estimé le temps nécessaire à l'initialisation du projet c'est-à-dire la phase où le développeur web s'imprègne du projet, du codage existant et de ses particularités. Il y a ensuite une phase de développement à proprement parler, où le développeur améliorera le « *responsive* », enlèvera les bugs, créera le « Journal de Bord », le « Portail Parents », etc. Et enfin, une phase de tests et de corrections afin de s'assurer que le produit est prêt à être mis sur le marché. Ci-dessous, le tableau détaillant le calcul de coût est présenté.

Tableau 4.2 : Calcul de coût pour l'option « rester en application web ».

Phases	Durée en jours	Coût journalier	Coût total
<b>Initialisation du projet</b>	10	350,00 €	3 500,00 €
<b>Développement pur</b>	22	450,00 €	9 900,00 €
<b>Tests et corrections</b>	10	350,00 €	3 500,00 €
<b>Total</b>	42		16 900,00 €

L'inconvénient de ce cas de figure est que les jeux sont des iFrames et de ce fait, ils sont moins « *responsives* » que s'il s'agissait d'une application locale.

### 3.2.1.2 Créer une application en tant que telle

Dans cette hypothèse, l'application est téléchargeable. Ainsi, pour chaque mise à jour de contenu (nouveau quiz ou QCM), une notification informe l'utilisateur de mettre à jour son application. Il sera nécessaire d'avoir une personne compétente en développement JavaScript Full-Stack, c'est-à-dire un prestataire qui combine un grand nombre de compétences : back-end (arrière-plan du logiciel), front-end, architecture (la structure du système informatique) et expérience utilisateur avec en particulier une expérience dans les frameworks React-native et Ionic.

De même que pour le calcul de coût précédent, nous nous sommes basés sur les tarifs moyens pratiqués par les prestataires.

Tableau 4.3 : Calcul de coût pour l'option « créer une application en tant que telle ».

Phases	Durée en jours	Coût journalier	Coût total
<b>Initialisation du projet</b>	5	350,00 €	1 750,00 €
<b>Développement pur</b>	60	500,00 €	30 000,00 €
<b>Tests et corrections</b>	15	350,00 €	5 250,00 €
<b>Total</b>	80		37 000,00 €

Nous constatons que ces coûts sont très différents avec un écart d'environ 20 000 €. Cependant, la deuxième solution rendrait KidBreath plus abouti.

Après trois ans d'investissement dans ce projet, la direction d'ItWell cherche des solutions externes et alternatives à l'autofinancement. Par ailleurs, du fait du contexte financier actuel de la société, le prêt bancaire est également mis de côté. Enfin, la direction met un point d'honneur à être indépendante financièrement des laboratoires pharmaceutiques.

Après avoir effectué une analyse sur les sources de financement possibles pour mener à bien ce projet, la direction d'ItWell a opté pour la mise en place d'un financement participatif.

### 3.2.2 Le financement participatif

Le financement participatif (ou *crowdfunding*) est apparu au début des années 2000 et s'est développé de manière fulgurante. Le principe est simple : un porteur de projet (qu'il soit culturel, créatif, social, humanitaire, etc.) présente celui-ci, après sélection, sur une plateforme web spécialisée. Le porteur de projet annonce son objectif financier et la manière dont les sommes récoltées seront utilisées. Il peut s'agir de dons, de contrepartie, de prêt (*crowdlending*), et de prise de participation dans le capital (*equity*).

La plupart des collectes sont régies selon la règle du « tout ou rien » c'est-à-dire que les sommes ne sont collectées que si l'objectif fixé par le porteur de projet est atteint ou dépassé. Dans d'autres cas, les collectes peuvent être régies selon la règle du « sur-mesure », d'après laquelle le porteur de projet a la possibilité de placer un palier de succès afin d'obtenir, par exemple, 75% de son objectif, ou selon la règle du « fil de l'eau » qui permet de percevoir les fonds même si l'objectif de financement n'est pas atteint<sup>18</sup>.

### 3.2.3 Choix de la plateforme et modalités

L'avantage d'une plateforme généraliste est qu'elle est connue du grand public, comme par exemple MyMajorCompany, KissKissBankBank, ou encore Ulule pour la France. Cependant, les principaux risques sont que le projet soit noyé parmi une multitude d'autres projets et que le public ne soit pas adapté au projet. Avec une plateforme spécialisée, l'avantage est que l'on est face à un public averti. De ce fait, on a plus de probabilités pour qu'il se sente concerné et intéressé par le projet. D'autre part, le fait qu'il y ait moins de projets sur les plateformes spécialisées donne plus de chances au projet d'être mis en avant<sup>19</sup>. Ainsi, même si le projet a un risque de se retrouver en concurrence directe avec un projet similaire pendant la campagne, nous avons opté pour une plateforme spécialisée en santé.

De là, un comparatif des plateformes les plus connues et dédiées aux projets touchant au secteur de la santé a été réalisé. En sont ressorties trois plateformes leaders sur le secteur : Wellfundr, My Pharma Company et Booster Health.

Même si My Pharma Company correspond davantage à la culture d'ItWell du fait de ses nombreux partenariats avec les pharmacies d'officine, cette plateforme se base sur le modèle de financement participatif en royalties, modèle refusé par la direction d'ItWell.



Le tableau ci-après compare ainsi les plateformes restantes pour aider à la prise de décision.

---

18 [https://www.wellfundr.com/fr/menu\\_item\\_pages/about](https://www.wellfundr.com/fr/menu_item_pages/about)

19 <https://www.goodmorningcrowdfunding.com/conseil-plateforme-generaliste-specialisee-ou-locale-comment-choisir>

Tableau 4.3 : Comparatif entre les plateformes Wellfundr et Booster Health.

Plateforme	WELLFUNDR <sup>20</sup> 	BOOSTERHEALTH <sup>21</sup> 
Type de financement	Don ou prêt	Equity crowdfunding : financement par des investisseurs privés
Contribution	Contribution moyenne : 116 €	Levées de fonds comprises entre 100 000 et 2 500 000 € Participation minimale de 1 000 € jusqu'à 50 000 €
Taux de succès	75%	Non déterminé
Commissions plateformes	6% HT des fonds collectés	4 à 6% du montant levé une fois le projet financé à 100% + 3000 € pour analyse du dossier (si retenu)
Mode de financement	"tout ou rien", "sur mesure", ou "fil de l'eau"	"sur mesure"

Au vu de cette synthèse et du calcul de coût exposé précédemment, Wellfundr est la plateforme la plus cohérente avec le projet KidBreath. En effet, les levées de fonds sur Booster Health sont très importantes par rapport au montant nécessaire, d'autant plus que la levée de fonds ne peut être inférieure à 100 000 €. De plus, le taux de succès des projets présentés pour Wellfundr atteint 75% alors que ce taux est inconnu pour Booster Health.

En conclusion, nous avons vu que le financement participatif est la solution retenue par la société ItWell pour finaliser le développement de KidBreath, où notre choix définitif s'est porté sur la plateforme Wellfundr. A ce jour, nous n'avons pas encore déterminé la durée de la collecte. Elle peut en effet avoir une influence sur la réussite de la campagne (Mollick, 2014), où les campagnes courtes favoriseraient un taux de succès en ne dépassant pas 40 jours (Fondevila Gascón, Rom Rodríguez, Mata Monforte, Santana López, & Masip Masip, 2015). Le montant de la collecte lui non plus, n'a pas encore été défini car cela dépend si le coût du développement sera financé en totalité par le financement participatif ou bien en partie (e.g., faire appel à la fois à des aides publiques).

20 [https://www.wellfundr.com/fr/menu\\_item\\_pages/about](https://www.wellfundr.com/fr/menu_item_pages/about)

21 <https://www.booster-health.fr/sections/entrepreneurs/>

## 4 Conclusion

Notre projet de thèse CIFRE, en collaboration avec différents acteurs, publics comme privés, permettrait de mettre à disposition de jeunes patients asthmatiques une solution numérique d'auto-apprentissage capable au cours des premières phases d'utilisation de cerner le niveau initial de connaissances sur l'asthme, ainsi que les préférences d'apprentissage en lui proposant des modules d'activités pédagogiques adaptés à son profil. Conçu selon des méthodologies centrées utilisateurs, où la prise en compte de la motivation intrinsèque est primordiale pour optimiser l'acceptation de l'outil ainsi que le progrès d'apprentissage, cette prise en compte des facteurs humains s'inscrit donc pleinement dans une approche d'*empowerment* du patient pour soutenir le pharmacien d'officine dans son exercice d'éducation thérapeutique désormais obligatoire depuis la loi HPST (2009).

Notre approche est la première du domaine de l'éducation thérapeutique à concevoir et formaliser une méthode de conception participative pour les serious games visant les maladies chroniques chez l'enfant. Avec cette méthode, le prototype KidBreath a été conçu et évalué positivement auprès d'enfants « contrôle » : les connaissances liées à l'asthme ont été améliorées chez plus de 80% des participants et cette amélioration est associée à la fois à une motivation intrinsèque élevée et à une expérience utilisateur positive. Pour autant, notre étude souligne les efforts à conduire en conception et en évaluation des serious games pour améliorer leur étude d'efficacité pour l'éducation thérapeutique chez l'enfant.

Les études pilotes réalisées auprès de la population cible ont elles, soutenu la viabilité de notre méthodologie basée sur la Conception Participative pour améliorer la conception des serious games pour l'éducation en santé selon les contenus pédagogiques, ainsi que l'affichage de personnalisation (STI), même si des améliorations doivent être apportées (opérationnalisation de ZPDES, implémentation des hyper-paramètres, nouveau module de suivi d'apprentissage, etc.). Le succès attendu n'a pas été complètement atteint pour la valeur ajoutée de ZPDES, mais certains résultats sont encourageants, tels que des gains de temps pour l'apprentissage et le nombre de contenus pédagogiques réduits pour atteindre un niveau d'apprentissage donné. Les leçons apprises sont de futures lignes de recherche pour explorer les STI, via l'algorithme ZPDES, comme perspectives pour concevoir et évaluer des serious games dédiés à l'éducation thérapeutique chez les enfants atteints de maladies chroniques.

Ce projet de thèse met en exergue l'intérêt de mutualiser les compétences multidisciplinaires en ergonomie des IHM, en STI et en sciences de l'éducation afin de développer des serious games personnalisés en éducation de la santé. Pour qu'un projet de recherche appliqué soit viable, pérennisé et optimisé sur du long-terme, des partenariats alliant des financements publics et privés sont nécessaires pour justifier la crédibilité de développement d'un outil tel que KidBreath. Les STI sont une voie prometteuse pour l'éducation en santé personnalisée, permettant un progrès d'apprentissage optimisé et qui, combiné avec la prise en compte de la motivation intrinsèque et de l'exploration spontanée associée à la curiosité, garantira une amélioration de la littératie en santé couvrant les enjeux de santé publique associés.

Enfin, ce travail de thèse est au cœur des problématiques actuelles d'attentes d'innovations scientifiques et industrielles dans le domaine de la santé, où sont attendus des systèmes numériques de progrès significatifs pour la santé notamment via l'utilisation



#### *4 Conclusion*

d'algorithmes (plus connus sous les termes d'IA ou de Machine - Learning dans le grand public) permettant d'éduquer plus efficacement et de manière personnalisée les apprenants/utilisateurs pour produire les réels progrès espérés.



# Bibliographie

Abramson, L. Y., Seligman, M. E. P., & Teasdale, J. D. (1978). Learned Helplessness in Humans: Critique and Reformulation. *Journal of Abnormal Psychology*, 87(1), 49-74.

Afrite, A., Allonier, C., Com-Ruelle, L., & Le Guen, N. (2011). *L'asthme en France en 2006 : prévalence, contrôle et déterminants* (No. 549) (p. 122). Paris: IRDES.

Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In *Action Control* (Springer Berlin Heidelberg, p. 11-39).

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179–211.

Alcalai, R., Ben-Yehuda, D., Ronen, I., & Paltiel, O. (2003). Ethnicity and prognosis in acute myeloid leukemia. *American Journal of Hematology*, 72(2), 127-134. <https://doi.org/10.1002/ajh.10270>

Al-Motlaq, M., & Sellick, K. (2011). Development and validation of an asthma knowledge test for children 8-10 years of age: Child asthma knowledge test. *Child: Care, Health and Development*, 37(1), 123-128. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2010.01133.x>

Amabile, T. M. (1985). Motivation and creativity: Effects of motivational orientation on creative writers. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48(2), 393-399.

ANAES. (1998). Service des recommandations et références professionnelles. *Les examens préopératoires systématiques*. Paris.

ANAES. (2002). Education thérapeutique de l'enfant asthmatique. *Service des recommandations et références professionnelles*. Consulté à l'adresse [http://splf.fr/wp-content/uploads/2014/08/6recoeduc\\_asthma\\_enfan\\_argumentaire2002.pdf](http://splf.fr/wp-content/uploads/2014/08/6recoeduc_asthma_enfan_argumentaire2002.pdf)

Anarella, J., Roohan, P., Balistreri, E., & Gesten, F. (2004). A Survey of Medicaid Recipients With Asthma. *Chest*, 125(4), 1359-1367. <https://doi.org/10.1378/chest.125.4.1359>

Annetta, L. A. (2010). The “I’s” have it: A framework for serious educational game design. *Review of General Psychology*, 14(2), 105-112. <https://doi.org/10.1037/a0018985>

Arhipainen, L., & Tähti, M. (2003). Empirical Evaluation of User Experience in Two Adaptive Mobile Application Prototypes, 8.

Armstrong, A. W., Watson, A. J., Makredes, M., Frangos, J. E., Kimball, A. B., & Kvedar, J. C. (2009). Text-Message Reminders to Improve Sunscreen Use: A Randomized,

Controlled Trial Using Electronic Monitoring. *Archives of Dermatology*, 145(11).  
<https://doi.org/10.1001/archdermatol.2009.269>

Association Canadienne de Santé Publique. (2006). *Vision d'une culture de la santé au Canada*.

Auer, P., Cesa-Bianchi, N., Freund, Y., & Schapire, R. E. (2002). The Nonstochastic Multiarmed Bandit Problem. *SIAM Journal on Computing*, 32(1), 48-77.  
<https://doi.org/10.1137/S0097539701398375>

Baker, D. W. (2006). The meaning and the measure of health literacy. *Journal of General Internal Medicine*, 21(8), 878-883. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1497.2006.00540.x>

Baker, D. W., Gazmararian, J. A., Williams, M. V., Scott, T., Parker, R. M., Green, D., ... Peel, J. (2002). Functional Health Literacy and the Risk of Hospital Admission Among Medicare Managed Care Enrollees. *American Journal of Public Health*, 92(8), 1278-1283.

Baker, D. W., Parker, R. M., Williams, M. V., & Clark, W. S. (1998). Health literacy and the risk of hospital admission. *Journal of General Internal Medicine*, 13(12), 791-798.  
<https://doi.org/10.1046/j.1525-1497.1998.00242.x>

Baker, D. W., Parker, R. M., Williams, M. V., Clark, W. S., & Nurss, J. R. (1997). The relationship of patient reading ability to self-reported health and use of health services. *American Journal of Public Health*, 87(6), 1027-1030.

Baker, R. S., Corbett, A. T., & Alevan, V. (2008). More Accurate Student Modeling through Contextual Estimation of Slip and Guess Probabilities in Bayesian Knowledge Tracing. In B. P. Woolf, E. Aïmeur, R. Nkambou, & S. Lajoie (Éd.), *Intelligent Tutoring Systems* (Vol. 5091, p. 406-415). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-540-69132-7\\_44](https://doi.org/10.1007/978-3-540-69132-7_44)

Baker, R. S., D'Mello, S. K., Rodrigo, M. T., & Graesser, A. C. (2010). Better to be frustrated than bored: The incidence, persistence, and impact of learners' cognitive-affective states during interactions with three different computer-based learning environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(4), 223-241.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2009.12.003>

Ballenger, J. C., Davidson, J. R., Lecrubier, Y., Nutt, D. J., Kirmayer, L. J., Lépine, J. P., & Ono, Y. (2001). Consensus statement on transcultural issues in depression and anxiety from the International Consensus Group on Depression and Anxiety. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 62(Suppl 13), 47-55.

Bandura, A. (1982). The psychology of chance encounters and life paths. *American psychologist*, 37(7), 747.

Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive*

Theory. *Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.*

Bandura, A. (1993). Perceived Self-Efficacy in Cognitive Development and Functioning. *Educational Psychologist*, 28(2), 117-148. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep2802\\_3](https://doi.org/10.1207/s15326985ep2802_3)

Bandura, A. (1997). Self-efficacy mechanism in physiological activation and health promoting behaviour. Neurobiology of learning, emotion, and affect. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, p. 103-119.

Bandura, A., & Walters, R. H. (1977). *Social learning theory*. (Prentice-hall, Vol. 1). Englewood Cliffs.

Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574-594. <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>

Barcenilla, J., & Bastien, J. M. C. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le travail humain.*, 72(4), 311-331.

Barr, R. G., Somers, S. C., Speizer, F. E., & Camargo, C. A. (2002). Patient Factors and Medication Guideline Adherence Among Older Women With Asthma. *Archives of Internal Medicine*, 162(15), 1761. <https://doi.org/10.1001/archinte.162.15.1761>

Barto, A., Mirolli, M., & Baldassarre, G. (2013). Novelty or Surprise? *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00907>

Bastien, J. M. C., & Scapin, D. L. (1993). *Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer Interfaces* (Technical Report No. 156) (p. 83).

Batifoulier, P., Biencourt, O., Domin, J., & Gadreau, M. (2006). La politique économique de santé et l'émergence d'un consommateur de soins : la construction d'un marché. (p. 23). Présenté à XXVIIIème journée des économistes de la santé français., Université de Bourgogne.

Batifoulier, P., Domin, J.-P., & Gadreau, M. (2008). Mutation du patient et construction d'un marché de la santé. L'expérience française. *Revue Française de Socio-Économie*, 1(1), 27.

Bauman, L. J., Wright, E., Leickly, F. E., Crain, E., Kruszon-Moran, D., Wade, S. L., & Visness, C. M. (2002). Relationship of adherence to pediatric asthma morbidity among inner-city children. *Pediatrics*, 110(1), e6–e6.

Beale, I. L. (2005). Scaffolding and integrated assessment in computer assisted learning (CAL) for children with learning disabilities. *AustralasiaJournal of Educational Technology*, 21(2), 173.

Beale, I. L., Kato, P. M., Marin-Bowling, V. M., Guthrie, N., & Cole, S. W. (2007). Improvement in Cancer-Related Knowledge Following Use of a Psychoeducational Video

Game for Adolescents and Young Adults with Cancer. *Journal of Adolescent Health*, 41(3), 263-270. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2007.04.006>

Beaudouin-Lafon, M., & Mackay, W. E. (2003). Prototyping tools and techniques. *Human Computer Interaction-Development Process.*, 122-142.

Benware, C. A., & Deci, E. L. (1984). Quality of learning with an active versus passive motivational set. *American Educational Research Journal*, 21(4), 755-765.

Bergeron, B. (2006). *Developing Serious Games*. Charles River Media.

Berlyne, D. E. (1960). *Conflict, Arousal and Curiosity*. New York: McGraw-Hill.

Berlyne, D. E. (1971). What next? Concluding summary. In *Intrinsic motivation: A new direction in education*. (Holt, Rinehart, Winston., p. 186-196). Toronto: H.I. Day, D.E. Berlyne, & D.E. Hunt.

Bindels, P. J., Grol, M. H., Ponsioen, B. P., Salome, P. L., Wiersma, T., & Goudswaard, A. N. (2008). Summary of the practice guideline 'Asthma in children' (second revision) from the Dutch College of General Practitioners. *Nederlands tijdschrift voor geneeskunde*, 152(10), 550-555.

Bjorck, J. P., Hopp, D. P., & Jones, L. W. (1999). Prostate cancer and emotional functioning: Effects of mental adjustment, optimism, and appraisal. *Journal of Psychosocial Oncology*, 17(1), 71-85.

Boothby, D. W. (2002). *Littératie, affectation professionnelle et rendement de la surinstruction et de la sous-instruction*. Ottawa: Statistique Canada. Consulté à l'adresse <http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca/Collection/CS89-552-9F.pdf>

Boulet, L. P., Becker, A., Bérubé, D., Beveridge, R., & Ernst, P. (1999). Canadian asthma consensus report. *Canadian Medical Association Journal*, 161((11 suppl 2)), S1-S12.

Brangier, E., & Barcenilla, J. (2003). *Concevoir un produit facile à utiliser : adapter les technologies à l'homme*. Paris: Editions d'Organisation.

Brangier, E., Desmarais, M., Nemery, A., & Tep, S. P. (2015). Évolution de l'inspection heuristique : vers une intégration des critères d'accessibilité, de praticité, d'émotion et de persuasion dans l'évaluation ergonomique. *Journal d'Interaction Personne-Système (JIPS)*, 4(1), 16.

Brangier, E., & Scapin, J. M. C. (2010). L'évolution de l'ergonomie des produits informatiques : accessibilité, utilisabilité, émotionnalité et influençabilité. *Ergonomie, conception, de produits et services médiatisés*, 307-328.

Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*,

189(194), 4–7.

Brown, S. A., & Venkatesh, V. (2005). Model of Adoption of Technology in the Household: A Baseline Model Test and Extension Incorporating Household Life Cycle. *MIS Quarterly*, 29(3), 399-426.

Brown, S. J., Lieberman, D. A., Gemeny, B. A., Fan, Y. C., Wilson, D. M., & Pasta, D. J. (1997). Educational video game for juvenile diabetes: results of a controlled trial. *Medical Informatics*, 22(1), 77–89.

Brownell, K. D., & Cohen, L. R. (1995). Adherence to dietary regimens 1: An overview of research. *Behavioral Medicine*, 20(4), 149-154.

Brusilovsky, P., Schwarz, E., & Weber, G. (1996). ELM-ART: An intelligent tutoring system on World Wide Web. (p. 261-269). Présenté à In International conference on intelligent tutoring systems, Berlin, Heidelberg.: Springer.

Cafazzo, J. A., Casselman, M., Hamming, N., Katzman, D. K., & Palmert, M. R. (2012). Design of an mHealth app for the self-management of adolescent type 1 diabetes: a pilot study. *J. Journal of medical Internet research*, 14(3).

Cen, H., Koedinger, K., & Junker, B. (2006). Learning Factors Analysis – A General Method for Cognitive Model Evaluation and Improvement. In M. Ikeda, K. D. Ashley, & T.-W. Chan (Éd.), *Intelligent Tutoring Systems* (Vol. 4053, p. 164-175). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/11774303\\_17](https://doi.org/10.1007/11774303_17)

Challenor, R., & Deegan, S. (2009). What service users want: a new clinic results service. Can we satisfy both patients' needs and wants? *International journal of STD & AIDS*, 20(10), 701-703.

Chan, D. S., Callahan, C. W., Hatch-Pigott, V. B., Lawless, A., Proffitt, H. L., Manning, N. E., ... Malone, F. J. (2007). Internet-based home monitoring and education of children with asthma is comparable to ideal office-based care: results of a 1-year asthma in-home monitoring trial. *Pediatrics*, 119(3), 569-578.

Chang, K., Beck, J., Mostow, J., & Corbett, A. (2006). A Bayes Net Toolkit for Student Modeling in Intelligent Tutoring Systems. In M. Ikeda, K. D. Ashley, & T.-W. Chan (Éd.), *Intelligent Tutoring Systems* (Vol. 4053, p. 104-113). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/11774303\\_11](https://doi.org/10.1007/11774303_11)

Charles, T., Quinn, D., Weatherall, M., Aldington, S., Beasley, R., & Holt, S. (2007). An audiovisual reminder function improves adherence with inhaled corticosteroid therapy in asthma. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119(4), 811-816. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2006.11.700>

Chateaux, V., & Spitz, E. (2006). Perception de la maladie et adhérence thérapeutique

chez des enfants asthmatiques. *Pratiques Psychologiques*, 12(1), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.prps.2006.01.001>

Chateaux, V., & Spitz, E. (2007). Perception de la maladie chez des enfants asthmatiques et leurs parents. *Enfance*, 59(2), 161. <https://doi.org/10.3917/enf.592.0161>

Chulsik, K., Haijin, K., Jisun, N., Minho, C., Jongsuk, P., Eunseok, K., ... Hyunchul, L. (2007). Internet Diabetic Patient Management Using a Short Messaging Service Automatically Produced by a Knowledge Matrix System. *Diabetes Care*, 30(11), 2857-2858. <https://doi.org/10.2337/dc06-2464>

Cialdini, R. B. (2004). *Influence et manipulation: Comprendre et maîtriser les mécanismes et les techniques de persuasion* (First édition).

Clark, N., Jones, P., Keller, S., & Vermeire, P. (1999). Patient factors and compliance with asthma therapy. *Respiratory Medicine*, 93(12), 856-862. [https://doi.org/10.1016/S0954-6111\(99\)90050-1](https://doi.org/10.1016/S0954-6111(99)90050-1)

Clement, B., Oudeyer, P.-Y., & Lopes, M. (2016). A comparison of automatic teaching strategies for heterogeneous student populations. In *EDM 16-9th International Conference on Educational Data Mining*.

Clement, B., Oudeyer, P.-Y., Roy, D., & Lopes, M. (2014). Online optimization of teaching sequences with multi-armed bandits. In *Educational Data Mining 2014*.

Clement, B., Roy, D., Oudeyer, P.-Y., & Lopes, M. (2014). Developmental Learning for Intelligent Tutoring Systems. In *Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL-Epirob), 2014 Joint IEEE International Conferences on* (p. 426–433). IEEE.

Clement, B., Roy, D., Oudeyer, P.-Y., & Lopes, M. (2015). Multi-Armed Bandits for Intelligent Tutoring Systems. *Journal of Educational Data Mining (JEDM)*, 7(2), 20-48.

Cohen, S., & Edwards, J. R. (1989). Personality characteristics as moderators of the relationship between stress and disorder. *Advances in the Investigation of Psychological Stress.*, p. 235-283.

Condry, J. (1987). Enhancing motivation: A social developmental perspective. In *Advances in motivation and achievement: Enhancing motivation*. (JAI Press, Vol. 5, p. 23-49). Greenwich: M. Maehr & D. Kleiber.

Connell, J. P., & Ryan, R. M. (1986). *Autonomy in the classroom: A theory and assessment of children's self-regulatory style in the academic domain*. Manuscrit inedit, University of Rochester.

Conseil canadien sur l'apprentissage. (2007). La littératie en santé au Canada.



Corbett, A. T., & Anderson, J. R. (1994). Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge. *User Modelling and User-Adapted Interaction*, 4(4), 253-278. <https://doi.org/10.1007/BF01099821>

Cordova, D. I., & Lepper, M. R. (1996). Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice. *Journal of educational psychology*, 88(4), 715.

Crowley, R. S., & Medvedeva, O. (2006). An intelligent tutoring system for visual classification problem solving. *Artificial Intelligence in Medicine*, 36(1), 85-117. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2005.01.005>

Crozat, S. (2003). *Eléments pour la conception industrialisée des supports pédagogiques numériques*, 167.

Csikszentmihalyi, M. (1978). Intrinsic rewards and emergent motivation. In *The hidden costs of reward: New perspectives on the psychology of human motivation* (p. 205-216). Hillsdale: M.R. Lepper & D. Greene.

d'Artigues, J. (2014). *Santé et numérique : les patients au cœur d'une révolution de leur comportement*. Paris, Les Echos.

d'Ivernois, J. F., & Gagnayre, R. (2004). *Apprendre à éduquer le patient: approche pédagogique* (Maloine, Vol. 4).

da Silva, C. C., de Souza, S. B., da Silva, M. M. A., Lima, C. S., Yara, R., da Silva Filho, A. G., & dos Santos, W. P. (2014). A methodology to design low cost mobile applications for health for rural communities using participatory design and popular education. In *Systems, Man and Cybernetics (SMC), 2014 IEEE International Conference on* (p. 1789–1792). IEEE. Consulté à l'adresse <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6974176/>

Daoust, H., Vallerand, R. J., & Blais, M. R. (1988). Motivation and education: A look at some important consequences. *Canadian Psychology*, 29(2a), 172.

Darras, J.-P., & Demoly, P. (2006). Prise en charge diagnostique et thérapeutique de l'asthme chez l'enfant. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique.*, 46.

Daumal, S. (2012). *Design d'expérience utilisateur : Principes et méthodes UX*. Paris: Eyrolles.

David, B. (2010). *Conference Internationale Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. (ACM Digital Library & ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction, Éd.). New York, NY: ACM. Consulté à l'adresse <http://dx.doi.org/10.1145/1941007>

Davis, F. D. (1986). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user*

*information systems: Theory and results*. Massachusetts Institute of Technology, MA.

Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319. <https://doi.org/10.2307/249008>

Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, 35(8), 982-1003.

Davis, T. C., Wolf, M. S., Bass, P. F., Thompson, J. A., Tilson, H. H., Neuberger, M., & Parker, R. M. (2006). Literacy and misunderstanding prescription drug labels. *A. Annals of internal medicine*, 145(12), 887-894.

Day, H. I. (1971). The measurement of specific curiosity. In *Intrinsic motivation: A new direction in education*. (Holt, Rinehart, Winston, p. 99-112). Toronto: H.I. Day, D.E. Berlyne, & D.E. Hunt.

de Benedictis, D., & Bush, A. (2007). The Challenge of asthma in adolescence. *Pediatric Pulmonology*, 42(8), 683-692. <https://doi.org/10.1002/ppul.20650>

de Blic, J. (2007). Observance thérapeutique chez l'enfant asthmatique: Recommandations pour la pratique clinique. *Revue des maladies respiratoires*, 24(4), 419-425. <https://doi.org/10.1019/20064255>

de Blic, J., Boucot, I., Pribil, C., Robert, J., Huas, D., & Marguet, C. (2009). Control of asthma in children: still unacceptable? A French cross-sectional study. *Respiratory Medicine*, 103(9), 1383-1391. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2009.03.006>

De Croon, R., Klerkx, J., & Duval, E. (2014). Designing a useful and usable mobile EMR application through a participatory design methodology: a case study. In *Healthcare Informatics (ICHI), 2014 IEEE International Conference on* (p. 176-185). IEEE. Consulté à l'adresse <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7052486/>

de Vicente, A., & Pain, H. (2002). Informing the Detection of the Students' Motivational State: An Empirical Study. In S. A. Cerri, G. Gouardères, & F. Paraguaçu (Éd.), *Intelligent Tutoring Systems* (Vol. 2363, p. 933-943). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/3-540-47987-2\\_93](https://doi.org/10.1007/3-540-47987-2_93)

de Vries, E. (2006). Représentation et technologie en éducation.

Deci, E. L. (1975). *Intrinsic motivation*. New York & London.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985a). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. (Springer Science & Business Media).

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985b). The general causality orientations scale: Self-

determination in personality. *Journal of research in personality*, 19(2), 109- 134.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1987). The support of autonomy and the control of behavior. *Journal of Personality and Social psychology*, 53(6), 1024- 1037.

Dekker, M. R., & Williams, A. D. (2017). The Use of User-Centered Participatory Design in Serious Games for Anxiety and Depression. *Games for health journal*, 6(6), 327- 333.

Delmas, A. (2017). Conception participative et évaluation d'un serious game pour les enfants asthmatiques. (p. 13). Présenté à 29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, Poitiers: ACM.

Delmas, M.-C., Guignon, N., Leynaert, B., Com-Ruelle, L., Annesi-Maesano, I., Chardon, O., & Fuhrman, C. (2014). Évolution de la prévalence de l'asthme chez l'enfant et France: enquêtes nationales en milieu scolaire 2003-2008. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, (20), 360- 365.

Delomier, F. (2013). *Jeux Pédagogiques Collaboratifs Situés: Conception et mise en œuvre dirigées par les modèles*. Ecole Centrale de Lyon. Consulté à l'adresse <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00995808/>

Desrochers, A., Comeau, G., Jardaneh, N., & Green-Demers, I. (2006). L'élaboration d'une échelle pour mesurer la motivation chez les jeunes élèves en piano. *Recherche en éducation musicale*, 24, 13–33.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining gamification. In *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments* (p. 9–15). ACM.

DeWalt, D. A., Berkman, N. D., Sheridan, S., Lohr, K. N., & Pignone, M. P. (2004). Literacy and health outcomes: a systematic review of the literature. *Journal of General Internal Medicine*, 19(2), 1228- 1239.

Diette, G. B., WU, A. W., Skinner, E. A., Markson, L., Clark, R. D., Macdonald, R. C., & Steinwachs, D. M. (1994). Treatment patterns among adult patients with asthma: factors associated with overuse of inhaled  $\beta$ -agonists and underuse of inhaled corticosteroids. *Archives of internal medicine*, 159(22), 2697-2704.

Dillon, A., & Morris, M. (1999). Power, perception and performance: from usability engineering to technology acceptance with the P3 model of user response. (Vol. 43, p. 19). Présenté à Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, Los Angeles: SAGE Publications.

DiMatteo, M. R. (1994). Enhancing patient adherence to medical recommendations. *Jama*, 271(1), 79-83.

DiMatteo, M. R. (2004). Evidence-based strategies to foster adherence and improve patient outcomes. *Journal of the American Academy of Physicians Assistants*, 17(11), 18-22.

DiMatteo, M. R., Lepper, H. S., & Croghan, T. W. (2000). Depression Is a Risk Factor for Noncompliance With Medical Treatment: Meta-analysis of the Effects of Anxiety and Depression on Patient Adherence. *Archives of Internal Medicine*, 160(14), 2101. <https://doi.org/10.1001/archinte.160.14.2101>

D'Mello, S., Olney, A., Williams, C., & Hays, P. (2012). Gaze tutor: A gaze-reactive intelligent tutoring system. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70(5), 377-398. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2012.01.004>

Docherty, J. P. (1997). Barriers to the diagnosis of depression in primary care. *The Journal of Clinical Psychiatry*., 58(Suppl 1), 5–10.

Dodds, W. B., Monroe, K. B., & Grewal, D. (1991). Effects of Price, Brand, and Store Information on Buyers. *Journal of Marketing Research*, 28(3), 307-319.

Dorval, V., & Kaszap, M. (2011). *La littératie en santé : pour des communications  crites compréhensibles*. Présenté   Atelier méthodologique.

Dowshen, N., Kuhns, L., Johnson, A., Holoyda, B. J., & Garofalo, R. (2012). Improving adherence to antiretroviral therapy for youth living with HIV/AIDS: a pilot study using personalized, interactive, daily text message reminders. *Journal of medical Internet research*, 14(2).

Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4-58. <https://doi.org/10.1177/1529100612453266>

Dweck, C. S. (1985). Intrinsic motivation, perceived control, and self-evaluation maintenance: An achievement goal analysis. In *Research on motivation in education*. (New York: Academic Press, Vol. 2, p. 289-305). New York: C. Ames & R. Ames.

Eichler, K., Wieser, S., & Brügger, U. (2009). The costs of limited health literacy: a systematic review. *International Journal of Public Health*, 54(5), 313-324. <https://doi.org/10.1007/s00038-009-0058-2>

Eisen, S. A., Miller, D. K., Woodward, R. S., Spitznagel, E., & Przybeck, T. R. (1990). The effect of prescribed daily dose frequency on patient medication compliance. *Archives of Internal Medicine*, 150(9), 1881-1884.

Fellegi, I., & Alexander, T. J. (1995). *Literacy, Economy and Society: Results of the First International Adult Literacy Survey*. Paris: Organization for Economic and Community Development (OECD).

Février, F., Gauducheau, N., Jamet, E., Rouxel, G., & Salembier, P. (2011). La prise en compte des affects dans le domaine des interactions homme-machine : quels modèles, quelles méthodes, quels bénéfices ? *Le travail humain*, 74(2), 183. <https://doi.org/10.3917/th.742.0183>

Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Flatla, D. R., Gutwin, C., Nacke, L. E., Bateman, S., & Mandryk, R. L. (2011). Calibration games: making calibration tasks enjoyable by adding motivating game elements (p. 403). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2047196.2047248>

Folkman, S. (1984). Personal control and stress and coping processes: A theoretical analysis. *Journal of personality and social psychology*, 46(4), 839.

Fondevila Gascón, J. F., Rom Rodríguez, J., Mata Monforte, J., Santana López, E., & Masip Masip, P. (2015). Crowdfunding As a Formula for the Financing of Projects: An Empirical Analysis. *Revista Científica Hermes*, 14, 24-47.

Foreman, K. F., Stockl, K. M., Le, L. B., Fisk, E., Shah, S. M., Lew, H. C., & Curtis, B. S. (2012). Impact of a text messaging pilot program on patient medication adherence. *Clinical therapeutics*, 34(5), 1084-1091.

Foucaud, J., Bury, J. A., Balcou-Debussche, M., & Eymard, C. (2010). *Éducation thérapeutique du patient. Modèles, pratiques et évaluation*.

Free, C., Knight, R., Robertson, S., Whittaker, R., Edwards, P., Zhou, W., ... Roberts, I. (2011). Smoking cessation support delivered via mobile phone text messaging (txt2stop): a single-blind, randomised trial. *The Lancet*, 378(9785), 49-55. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60701-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60701-0)

Fuhrman, C., Nicolau, J., Rey, G., Solet, J.-L., Quénel, P., Jouglu, E., & Delmas, M.-C. (2011). Asthme et BPCO : taux d'hospitalisation et de mortalité dans les départements d'outre-mer et en France métropolitaine, 2005-2007. *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire*, (13-14), 168-172.

Găbureanu, S., & Istrate, O. (2013). The Effects of using Intelligent Tutoring Systems for Language Learning – Findings of a Research Evaluation Report. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 76, 351-355. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.04.126>

Garbarino, J. (1975). The impact of anticipated reward upon cross-aged tutoring. *Journal of Personality and Social psychology*, 32, 421-428.

Girandola, F. (2003). *Psychologie de la persuasion et de l'engagement*. (Presses Universitaires de Franche-Comté). Besançon.

Godin, G. (1991). L'éducation pour la santé : les fondements psychosociaux de la

définition des messages éducatifs. *Sciences sociales et santé*, 9(1), 67-94.  
<https://doi.org/10.3406/sosan.1991.1185>

González-Brenes, J., Huang, Y., & Brusilovsky, P. (2014). General Features in Knowledge Tracing: Applications to Multiple Subskills, Temporal Item Response Theory, and Expert Knowledge, 8.

González-Brenes, J., & Mostow, J. (2012). Dynamic Cognitive Tracing: Towards Unified Discovery of Student and Cognitive Models. *International Educational Data Mining Society*.

Gordillo, V., del Amo, J., Soriano, V., & González-Lahoz, J. (1999). Sociodemographic and psychological variables influencing adherence to antiretroviral therapy: *AIDS*, 13(13), 1763-1769. <https://doi.org/10.1097/00002030-199909100-00021>

Gordon, G., Breazeal, C., & Engel, S. (2015). Can children catch curiosity from a social robot? In *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (p. 91–98). ACM. Consulté à l'adresse <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2696469>

Gottlieb, J., Oudeyer, P.-Y., Lopes, M., & Baranes, A. (2013). Information seeking, curiosity and attention: computational and neural mechanisms. *Trends in cognitive sciences*, 17(11), 585–596.

Graesser, A. C., Chipman, P., Haynes, B. C., & Olney, A. (2005). AutoTutor: An Intelligent Tutoring System With Mixed-Initiative Dialogue. *IEEE Transactions on Education*, 48(4), 612-618.

Graesser, A. C., VanLehn, K., Rosé, C. P., Jordan, P. W., & Harter, D. (2001). Intelligent tutoring systems with conversational dialogue. *AI magazine*, 22(4), 39.

Graveley, E. A., & Oseasohn, C. S. (1991). Multiple drug regimens: Medication compliance among veterans 65 years and older. *Research in Nursing & Health*, 14(1), 51-58. <https://doi.org/10.1002/nur.4770140108>

Green, D. A., & Riddell, W. C. (2001). *Les capacités de lecture et de calcul et la situation sur le marché du travail au Canada*. Ottawa: Statistique Canada.

Green, L. W. (1980). What is quality in patient education and how do we assess it? *Springer series on health care and society*, 4, 137-56.

Grimaldi, A., Caillé, Y., Pierru, F., & Tabuteau, D. (2017). *Les Maladies chroniques: Vers la troisième médecine*. (Odile Jacob.).

Grolnick, W. S., & Ryan, R. M. (1987). Autonomy in children's learning: An experimental and individual difference investigation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(5), 890-898.

Hagger, M. S., & Orbell, S. (2003). A Meta-Analytic Review of the Common-Sense Model of Illness Representations. *Psychology & Health, 18*(2), 141-184. <https://doi.org/10.1080/088704403100081321>

Halter, E. (2006). *From Sun Tzu to Xbox: War and Videogames*. (Thunder's Mouth Press). New York.

Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work? -- A Literature Review of Empirical Studies on Gamification (p. 3025-3034). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>

Harackiewicz, J. M. (1979). The effects of reward contingency and performance feedback on intrinsic motivation. *Journal of Personality and Social Psychology, 37*(8), 1352-1363.

Harris, P. L. (2012). *Trusting what you're told: How children learn from others*. Harvard University Press.

Harter, S. (1981). A new self-report scale on intrinsic versus extrinsic orientation in the classroom: Motivational and informational components. *Developmental Psychology, 17*, 300-312.

Harter, S., & Connell, J. P. (1984). A model on the relationship among children's academic achievement and their self-perceptions of competence, control, and motivational orientations. In *The development of achievement motivation* . (JAI Press., p. 219-250). Greenwich: J. Nicholls.

Hartmann, J., Sutcliffe, A., & De Angeli, A. (2007). Investigating attractiveness in web user interfaces (p. 387). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/1240624.1240687>

HAS. (2007a). Education thérapeutique du patient, comment la proposer et la réaliser ?

HAS. (2007b). Guide méthodologique à la structuration d'un programme d'éducation thérapeutique du patient dans le champ des maladies chroniques. INPES.

Hassenzahl, M. (2003). The thing and I: understanding the relationship between user and product. In *Funology* (Springer, p. 31-42). Netherlands.

Hassenzahl, M. (2004). The Interplay of Beauty, Goodness, and Usability in Interactive Products. *Human-Computer Interaction, 19*(4), 319-349. [https://doi.org/10.1207/s15327051hci1904\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327051hci1904_2)

Hassenzahl, M., & Tractinsky, N. (2006). User experience - a research agenda. *Behaviour & Information Technology, 25*(2), 91-97. <https://doi.org/10.1080/01449290500330331>

Haut Conseil de la Santé Publique. (2010). Les maladies chroniques. *Actualité et dossier en santé publique, (72)*.

Healthy People 2010. (2000). *US Department of Health and Human Services. Health Communication*. (No. Vol. 2). Washington, D.C.

Heneghan, C., Alonso-Coello, P., Garcia-Alamino, J., Perera, R., Meats, E., & Glasziou, P. (2006). Self-monitoring of oral anticoagulation: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*, 367(9508), 404-411. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68139-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68139-7)

Higgins, E. S. (1994). A review of unrecognized mental illness in primary care. Prevalence, natural history, and efforts to change the course. *Archives of Family Medicine*, 3(10), 908-917. <https://doi.org/10.1001/archfami.3.10.908>

HLS-EU Consortium. (2012). *European Health Literacy Project*. (No. Final report.).

Hochbaum, G. M., Sorenson, J. R., & Lorig, K. (1992). Theory in Health Education Practice. *Health Education Quarterly*, 19(3), 293-313.

Hoffman, H. G., Patterson, D. R., Seibel, E., Soltani, M., Jewett-Leahy, L., & Sharar, S. R. (2008). Virtual reality pain control during burn wound debridement in the hydrotank. *The Clinical journal of pain*, p. 299-304.

Holbrook, M. B., & Hirschman, E. C. (1982). The Experiential Aspects of Consumption: Consumer Fantasies, Feelings, and Fun. *Journal of Consumer Research*, 9(2), 132-140.

Hori, Y., Tokuda, Y., Miura, T., Hiyama, A., & Hirose, M. (2013). Communication pedometer: a discussion of gamified communication focused on frequency of smiles (p. 206-212). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2459236.2459272>

Howard, D. H., Gazmararian, J., & Parker, R. M. (2005). The impact of low health literacy on the medical costs of Medicare managed care enrollees. *The American Journal of Medicine*, 118(4), 371-377.

Huertas, C., & Juárez-Ramírez, R. (2013). Developing an intelligent tutoring system for vehicle dynamics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 106, 838-847.

Institute for Clinical Systems Integration. (1999). *Diagnosis and management of asthma*. Bloomington.

Interactive Digital Software Association. (2000). Computer and video game industry data. Consulté à l'adresse [www.idsa.com](http://www.idsa.com)

Jackson, L. D. (1992). Information complexity and medical communication: The effects of technical language and amount of information in a medical message. *Health communication*, 4(3), 197-210.

Jafer, A. T., Mahmood, A. A., Fatah, M. A., & Jasim, M. A. (1991). Guidelines for the diagnosis and management of asthma.



Jan, R. L., Wang, J. Y., Huang, M. C., Tseng, S. M., Su, H. J., & Liu, L. F. (2007). An internet-based interactive telemonitoring system for improving childhood asthma outcome in Taiwan. *Telemedicine and e-Health*, 13(3), 257, 268.

Johnston Lloyd, L. L., Ammary, N. J., Epstein, L. G., Johnson, R., & Rhee, K. (2006). A Transdisciplinary Approach to Improve Health Literacy and Reduce Disparities. *Health Promotion Practice*, 7(3), 331-335. <https://doi.org/10.1177/1524839906289378>

Jordan, P. W., & Servaes, M. (1995). Pleasure in product use: beyond usability. In *Contemporary Ergonomics* (Taylor & Francis, p. 341-346). London: Robertson S.

Jordan, P. W., Thomas, B., Weerdmeester, B., & McClelland, I. (1996). *Usability evaluation in industry*. (Taylor & Francis). London.

Kagan, J. (1972). Motives and development. *Journal of Personality and Social psychology*, 22(1), 51-66.

Kahana, S. Y., Frazier, T. W., & Drotar, D. (2008). Preliminary quantitative investigation of predictors of treatment non-adherence in pediatric transplantation: A brief report. *Pediatric Transplantation*, 12(6), 656-660. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3046.2007.00864.x>

Kang, M. J., Hsu, M., Krajbich, I. M., Loewenstein, G. F., McClure, S. M., Wang, J. T., & Camerer, C. F. (2009). The Wick in the Candle of Learning: Epistemic Curiosity Activates Reward Circuitry and Enhances Memory. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1308286>

Kaplan, F., & Oudeyer, P.-Y. (2007a). In search of the neural circuits of intrinsic motivation. *Frontiers in Neuroscience*, 1(1), 225-236. <https://doi.org/10.3389/neuro.01.1.1.017.2007>

Kaplan, F., & Oudeyer, P.-Y. (2007b). The progress-drive hypothesis: an interpretation of early imitation. In *Models and Mechanisms of Imitation and Social Learning: Behavioural, Social and Communication Dimensions*. (Cambridge University Press, p. 361–377). Cambridge: Dautenhahn, K., Nehaniv, C.

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. (John Wiley & Sons). San Francisco.

Kato, P. M. (2010). Video games in health care: Closing the gap. *Review of General Psychology*, 14(2), 113-121. <https://doi.org/10.1037/a0019441>

Kato, P. M., Cole, S. W., Bradlyn, A. S., & Pollock, B. H. (2008). A Video Game Improves Behavioral Outcomes in Adolescents and Young Adults With Cancer: A Randomized Trial. *Pediatrics*, 122(2), 305-317. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-3134>

Kensing, F., & Blomberg, J. (1998). Participatory Design: Issues and Concerns.

*Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 7(3-4), 167-185.  
<https://doi.org/10.1023/A:1008689307411>

Khaled, R., & Vasalou, A. (2014). Bridging serious games and participatory design. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 2(2), 93-100.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2014.03.001>

Kharrazi, H., Watters, C., & Oore, S. (2008). Improving behavioral stages in children by adaptive applications. *Journal on Information Technology in Healthcare*, 6(1), 322-326.

Kharrazi, Hadi, Faiola, A., & Defazio, J. (2009). Healthcare game design: behavioral modeling of serious gaming design for children with chronic diseases. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (p. 335–344). Springer. Consulté à l'adresse [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-02583-9\\_37](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-02583-9_37)

Kidd, C., & Hayden, B. Y. (2015). The Psychology and Neuroscience of Curiosity. *Neuron*, 88(3), 449-460. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.09.010>

Kim, S. S., & Malhotra, N. K. (2005). A Longitudinal Model of Continued IS Use: An Integrative View of Four Mechanisms Underlying Postadoption Phenomena. *Management Science*, 51(5), 741-755. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0326>

Kim, S. S., Malhotra, N. K., & Narasimhan, S. (2005). Two Competing Perspectives on Automatic Use: A Theoretical and Empirical Comparison, 6.

Kirsch, I. S., United States, Educational Testing Service, & National Center for Education Statistics (Éd.). (1993). *Adult literacy in America: a first look at the results of the National Adult Literacy Survey* (2nd ed). Washington, D.C: Office of Educational Research and Improvement, U.S. Dept. of Education.

Koestner, R., Ryan, R. M., Bernieri, F., & Holt, K. (1984). Setting limits on children's behavior: The differential effects of controlling vs. informational styles on intrinsic motivation and creativity. *Journal of personality*, 52(3), 233-248.

Kortbeek, C. (s. d.). Participatory Design. Consulté à l'adresse <http://hmi.ewi.utwente.nl/verslagen/capita-selecta/CS-Kortbeek-Lotte.pdf>

Kravitz, R. L., Hays, R. D., Sherbourne, C. D., DiMatteo, M. R., Rogers, W. H., Ordway, L., & Greenfield, S. (1993). Recall of recommendations and adherence to advice among patients with chronic medical conditions. *Archives of Internal Medicine*, 153(16), 1869-1878.

Kruglanski, A. W. (1978). Endogenous attribution and intrinsic motivation. In *The hidden costs of rewards: New perspectives on the psychology of human motivation* (Erlbaum, p. 85-107). Hillsdale: M.R. Lepper & D. Green.

Krzywinski, M., Schein, J., Birol, I., Connors, J., Gascoyne, R., Horsman, D., ... Marra,

M. A. (2009). Circos: An information aesthetic for comparative genomics. *Genome Research*, 19(9), 1639- 1645. <https://doi.org/10.1101/gr.092759.109>

Laforest, L., Com-Ruelle, L., Devouassoux, G., Pison, C., & Van Ganse, É. (2008). Enjeux économiques de l'asthme sévère. *La Presse Médicale*, 37(1), 117-128. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2007.06.019>

Lallemand, C., Koenig, V., Gronier, G., & Martin, R. (2015). Création et validation d'une version française du questionnaire AttrakDiff pour l'évaluation de l'expérience utilisateur des systèmes interactifs. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 65(5), 239- 252. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2015.08.002>

Lamouroux, A., Magnan, A., & Vervloet, D. (2005). Compliance, observance ou adhésion thérapeutique: de quoi parlons-nous? *Revue des maladies respiratoires*, 22(1), 31–34.

Lang, D. M., Sherman, M. S., & Polanski, M. (1997). Guidelines and realities of asthma management: the Philadelphia story. *Archives of Internal Medicine*, 157(11), 1193- 1200.

Lankshear, C., Holland, C., Frank, F., & Cooke, T. (1998). Introduction to the Literacy and the New Work Order. In *Literacy and the New Work Order*. (National Institute of Continuing Education., p. 1-8). Leicester, Royaume-Uni.

Larson, E. B., Bergman, J., Heidrich, F., Alvin, B. L., & Schneeweiss, R. (1982). Do Postcard Reminders Improve Influenza Vaccination Compliance?: A Prospective Trial of Different Postcard" Cues". *Medical Care*, 20(6), 639- 648.

Latham, A., Crockett, K., McLean, D., & Edmonds, B. (2012). A conversational intelligent tutoring system to automatically predict learning styles. *Computers & Education*, 59(1), 95- 109. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.11.001>

Law, E., Bennett, P. N., & Horvitz, E. (2011). The effects of choice in routing relevance judgments. In *Proceedings of the 34th international ACM SIGIR conference on Research and development in Information Retrieval* (p. 1127–1128). ACM. Consulté à l'adresse <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2010082>

Lazar, S. M. (1999). *The Quality of School Life Scale as a predictive indicator of student disengagement from school*.

Lebovits, A. H., Strain, J. J., Messe, M. R., Schleifer, S. J., Tanaka, J. S., & Bhardwaj, S. (1990). Patient noncompliance with self-administered chemotherapy. *Cancer*, 65(1), 17-22. [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(19900101\)65:1<17::AID-CNCR2820650106>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/1097-0142(19900101)65:1<17::AID-CNCR2820650106>3.0.CO;2-I)

Lee, Y., Kozar, K. A., & Larsen, K. R. T. (2003). The Technology Acceptance Model: Past, Present, and Future. *Communications of the Association for Information Systems*, 12, 31.

Leonard, D. A., & Rayport, J. F. (1997). Spark innovation through empathic design.

*Harvard business review*, 75, 102–115. <https://doi.org/10.1142/7638>

Leotti, L. A., & Delgado, M. R. (2011). The Inherent Reward of Choice. *Psychological Science*, 22(10), 1310- 1318. <https://doi.org/10.1177/0956797611417005>

Lester, R. T., Ritvo, P., Mills, E. J., Kariri, A., Karanja, S., Chung, M. H., ... others. (2010). Effects of a mobile phone short message service on antiretroviral treatment adherence in Kenya (WelTel Kenya1): a randomised trial. *The Lancet*, 376(9755), 1838–1845.

Leventhal, H., Nerenz, D. R., & Steele, D. J. (1984). Illness representations and coping with health threats. In *Handbook of Psychology and Health* (Baum A, Taylor SE, Singer JE, Vol. IV: social psychological aspects of health, p. 219- 252).

Ley, P. (1998). The use and improvement of written communication in mental health care and promotion. *Psychology, Health & Medicine*, 3(1), 19- 53.

Ley, P., & Spelman, M. S. (1965). Communications in an Out-patient Setting. *British Journal of Social and Clinical Psychology*, 4(2), 114- 116. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8260.1965.tb00449.x>

Liard, R., Renon, D., Tonnel, A. B., Racineux, J. L., & Neukirch, F. (2001). Étude AIRE (asthma insights and reality in Europe): les asthmatiques en Europe. *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 41, 5- 16.

Lieberman, D. A. (1992). The computer's potential role in health education. *Health Communication*, 4(3), 211- 225.

Lieberman, D. A. (1997). Interactive video games for health promotion: Effects on knowledge, self-efficacy, social support, and health. In *Health promotion and interactive technology: Theoretical applications and future directions* (p. 103- 120).

Lieberman, D. A. (2001). Management of Chronic Pediatric Diseases with Interactive Health Games: Theory and Research Findings. *Journal of Ambulatory care Management*, 24(1), 26- 38.

Limayem, Hirt, & Cheung. (2007). How Habit Limits the Predictive Power of Intention: The Case of Information Systems Continuance. *MIS Quarterly*, 31(4), 705. <https://doi.org/10.2307/25148817>

Loi, H. P. S. T. Loi n 2009-879 du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires., 21 § (2009). Consulté à l'adresse [Legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)

MacFarlane, S., Sim, G., & Horton, M. (2005). Assessing usability and fun in educational software. In *Proceedings of the 2005 conference on Interaction design and children* (p. 103– 109). ACM. Consulté à l'adresse <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1109554>

Mackay, W. E. (2003). Educating multi-disciplinary design teams. *Proc. of Tales of the Disappearing Computer*, 105–118.

Maehr, M. L., & Nicholls, J. G. (1980). Culture and achievement motivation: A second look. In *Studies in cross-cultural psychology*. (Academic Press, Vol. 3, p. 221-267). New York: N. Warren.

Mahmoud, M. H., & Abo El-Hamayed, S. H. (2016). An intelligent tutoring system for teaching the grammar of the Arabic language. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 3(2), 282-294. <https://doi.org/10.1016/j.jesit.2016.04.001>

Makino, S. (1995). Guidelines for the diagnosis and management of bronchial asthma. Committee on the definition, treatment, and management of bronchial asthma. *Allergy*, (50), 27, 1-42.

Malone, T. W. (1980). What makes things fun to learn? Heuristics for designing instructional computer games. In *Proceedings of the 3rd ACM SIGSMALL symposium and the first SIGPC symposium on Small systems* (p. 162–169). ACM.

Malone, T. W., & Lepper, M. R. (1987). Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning. *Aptitude, Learning, and Instruction*, 3, 223-253.

Martin, L. R., Jahng, K. H., Golin, C. E., & DiMatteo, M. R. (2003). Physician facilitation of patient involvement in care: correspondence between patient and observer reports. *Behavioral Medicine*, 28(4), 159-164.

Martin, L. R., Williams, S. L., Haskard, K. B., & DiMatteo, M. R. (2005). The challenge of patient adherence. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, 1(3), 189-199.

Massol, J., Lejonc, J. L., Mottier, D., & Queneau, P. (1998). *Thérapeutique de la personne âgée*. (Maloine). Paris.

Maw, W. H. (1971). Differences in the personalities of children differing in curiosity. In *Intrinsic motivation: A new direction in education*. (Holt, Rinehart, Winston, p. 91-98). Toronto: H.I. Day, D.E. Berlyne, & D.E. Hunt.

McEachan, R. . R. C., Conner, M., Taylor, N. J., & Lawton, R. J. (2011). Prospective prediction of health-related behaviours with the theory of planned behaviour: A meta-analysis. *Health Psychology Review*, 5(2), 97-144.

McGraw, K. O., & McCullers, J. C. (1979). Evidence of a detrimental effect of extrinsic incentives on breaking a mental set. *Journal of Experimental Social Psychology*, 15(3), 285-294.

Mehta, V., & Mandala, C. (2012). Implementation of an automated text messaging system to educate patients after ACL reconstruction. *Muscles, Ligaments & Tendons Journal*.

Melonio, A., & Gennari, R. (2012). *Co-Design with children: the State of the Art*. Technical report, KRDB Research Centre Technical Report. Consulté à l'adresse <http://www.academia.edu/download/41395015/KRDB13-1.pdf>

Miller, S. M. (1987). Monitoring and blunting: validation of a questionnaire to assess styles of information seeking under threat. *Journal of personality and social psychology*, 52(2), 345.

Miloh, T., Annunziato, R., Arnon, R., Warshaw, J., Parkar, S., Suchy, F. J., ... Kerkar, N. (2009). Improved Adherence and Outcomes for Pediatric Liver Transplant Recipients by Using Text Messaging. *PEDIATRICS*, 124(5), e844- e850. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-0415>

Ministère de la santé, de la jeunesse, des sports et de la vie associative. (2007). *Plan 2007-2011 pour l'amélioration de la qualité de vie des personnes atteintes de maladies chroniques*.

Mitic, W., & Rootman, I. (2012). *Une approche intersectorielle pour améliorer la littératie en santé des canadiens et canadiennes*. (Public Health Association of BC).

Mollick, E. (2014). The dynamics of crowdfunding: An exploratory study. *Journal of business venturing*, 29(1), 1-16.

Moorman, J. E., Moorman, J., & Mannino, D. (2001). Increasing US asthma mortality rates: who is really dying? *Journal of Asthma*, 38(1), 65-71.

Morris, L. S., & Schulz, R. M. (1992). Patient compliance—an overview. *Journal of clinical pharmacy and therapeutics*, p. 283-295.

Muller, M. J., & Kuhn, S. (1993). Participatory design. *Communications of the ACM*, 36(6), 24–28.

Mulletier, C., Bertholet, G., & Lang, T. (2014). *La Gamification, ou l'art d'utiliser les mécaniques du jeu dans votre business*. (Eyrolles).

Muñoz, D. C., Ortiz, A., González, C., López, D. M., & Blobel, B. (2010). Effective e-learning for health professional and medical students: the experience with SIAS-Intelligent Tutoring System. *Studies in Health Technologies and Informatics*, (156), 89-102.

Murayama, K., Matsumoto, M., Izuma, K., Sugiura, A., Ryan, R. M., Deci, E. L., & Matsumoto, K. (2015). How Self-Determined Choice Facilitates Performance: A Key Role of the Ventromedial Prefrontal Cortex. *Cerebral Cortex*, 25(5), 1241-1251. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht317>

Murchland, S., Kernot, J., & Parkyn, H. (2011). Children's satisfaction with assistive technology solutions for schoolwork using the QUEST 2.1: Children's Version. *Assistive Technology*, 23(3), 162-176.

Muris, P., De Jongh, A., Van Zuuren, F. J., & Ter Horst, G. (1994). Coping style, anxiety, cognitions, and cognitive control in dental phobia. *Personality and individual differences*, 17(1), 143–145.

Naimi, D. R., Freedman, T. G., Ginsburg, K. R., Bogen, D., Rand, C. S., & Apter, A. J. (2009). Adolescents and asthma: Why bother with our meds? *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 123(6), 1335- 1341. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2009.02.022>

National Heart Lung and Blood Institute, & OMS. (1996). Vaincre l'asthme: stratégie globale pour la guidance de l'asthme et sa prévention. *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 36(6).

National Institutes of Health, & National Heart Lung and Blood Institute. (1997). *Guidelines for the diagnosis and management of asthma*. (NHLBI/WHO Workshop Report.). Bethesda, MD: National Institutes of Health, U.S. Department of Health and Human Services.: Global Initiative for Asthma Management and Prevention.

Nemery, A., & Brangier, E. (2014). Set of Guidelines for Persuasive Interfaces: Organization and Validation of the Criteria, 9(3), 24.

Neville, R. G., Charnock Greene, A., McLeod, J., Tracey, A., & Surie, J. (2002). Mobile phone text messaging can help young people with asthma. *British Medical Journal*.

Newell, A., F., & Gregor, P. (2000). User Sensitive Inclusive Design - in Search of a New Paradigm (p. 39-44). Présenté à Proceeding on the 2000 Conference on Universal Usability, New York, NY, USA.

Newman, L. A., Griffith, K. A., Jatoi, I., Simon, M. S., Crowe, J. P., & Colditz, G. A. (2006). Meta-Analysis of Survival in African American and White American Patients With Breast Cancer: Ethnicity Compared With Socioeconomic Status. *Journal of Clinical Oncology*, 24(9), 1342- 1349. <https://doi.org/10.1200/JCO.2005.03.3472>

Nguyen, L., Raheison, C., Bozonnat, M.-C., Lheureux, M., Nocent, C., Tunon-de-Lara, J.-M., & Taytard, A. (2003). Validation d'un questionnaire de connaissances sur l'asthme. *Revue des maladies respiratoires*, 20(6), 871- 880.

Nicholls, J. G. (1984). Conceptions of ability and achievement motivation. In *Research on motivation in education*. (Academic Press, Vol. 1, p. 39-73). New York: R. Ames & C. Ames.

Nielsen, J. (1993). *Usability engineering* (Nachdr.). Amsterdam: Kaufmann.

Nielsen, J. (1994). *Usability Inspection Methods*. (John Wiley & Sons Inc). New-York: Nielsen, J. & Mack, R.L.

Nielsen-Bohlman, L. T., Panzer, A. M., Hamlin, B., & Kindig, D. A. (2004). *Health*

*literacy: a prescription to end confusion*. Washington DC : The National Academies Press: Institute of Medicine.

Nielson-Bohlman, L., Panzer, A., & Kinding, D. (2004). *Health literacy: a prescription to end confusion*. (Committee on Health Literacy, Institute of Medicine (IOM)). National Academy of Sciences. Washington, DC.

Nkambou, R., Mizoguchi, R., & Bourdeau, J. (2010). *Advances in intelligent tutoring systems* (Springer Science & Business Media, Vol. 308).

Norman, D. A. (2012). Design émotionnel, pourquoi aimons-nous ou détestons-nous les objets qui nous entourent ? De Boeck.

Norman, K. L., & Panizzi, E. (2006). Levels of automation and user participation in usability testing. *Interacting with Computers*, 18(2), 246-264.

Normes ISO 9241-11. (1998). Exigences ergonomiques pour travail de bureau avec terminaux à écrans de visualisation (TEV).

Nutbeam, D. (1998). Health promotion glossary. *Health Promotion International*, 13(4), 349-364.

Nutbeam, D. (2000). Health literacy as a public health goal: a challenge for contemporary health education and communication strategies into the 21st century. *Health Promotion International*, 15(3), 259-267. <https://doi.org/10.1093/heapro/15.3.259>

Nutbeam, D. (2008). The evolving concept of health literacy. *Social Science & Medicine*, 67(12), 2072-2078. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2008.09.050>

O'Connor, B. P., & Vallerand, R. J. (1994). Motivation, self-determination, and person environment fit as predictors of psychological adjustment among nursing home residents. *Psychology and Aging*, 9(2), 189.

O'Malley, A. S., Forrest, C. B., & Mandelblatt, J. (2002). Adherence of low-income women to cancer screening recommendations: The roles of primary care, health insurance, and HMOs. *Journal of General Internal Medicine*, 17(2), 144-154. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1497.2002.10431.x>

Ong, L. M. L., de Haes, J. C. J. M., Hoos, A. M., & Lammes, F. B. (1995). Doctor-patient communication: A review of the literature. *Social Science & Medicine*, 40(7), 903-918. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(94\)00155-M](https://doi.org/10.1016/0277-9536(94)00155-M)

Ordre National des Médecins. (2011). *Le droit des patients, un progrès pour tous*. (Bulletin d'information).

Ordre national des pharmaciens. (2012). *La Loi HPST, c'est le moment d'en parler !*



[Communiqué de presse].

Oudeyer, P.-Y., Gottlieb, J., & Lopes, M. (2016). Intrinsic motivation, curiosity, and learning: Theory and applications in educational technologies. In *Progress in Brain Research* (Vol. 229, p. 257-284). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2016.05.005>

Oudeyer, P.-Y., & Kaplan, F. (2007). What is intrinsic motivation? A typology of computational approaches. *Frontiers in Neurobotics*, 1. <https://doi.org/10.3389/neuro.12.006.2007>

Oudeyer, P.-Y., Kaplan, F., & Hafner, V. V. (2007). Intrinsic Motivation Systems for Autonomous Mental Development. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 11(2), 265-286. <https://doi.org/10.1109/TEVC.2006.890271>

Oudeyer, P.-Y., & Smith, L. B. (2016). How Evolution May Work Through Curiosity-Driven Developmental Process. *Topics in Cognitive Science*, 8(2), 492-502. <https://doi.org/10.1111/tops.12196>

Paasche-Orlow, M. K., Parker, R. M., Gazmararian, J. A., Nielsen-Bohlman, L. T., & Rudd, R. R. (2005). The prevalence of limited health literacy. *Journal of General Internal Medicine*, 20(2), 175-184.

Parameswaran, K., Hildreth, A. J., Chadha, D., Keaney, N. P., Taylor, I. K., & Bansal, S. K. (1998). Asthma in the elderly: underperceived, underdiagnosed and undertreated; a community survey. *Respiratory Medicine*, 92(3), 573-577. [https://doi.org/10.1016/S0954-6111\(98\)90311-0](https://doi.org/10.1016/S0954-6111(98)90311-0)

Partridge, A. H. (2002). Adherence to Therapy With Oral Antineoplastic Agents. *CancerSpectrum Knowledge Environment*, 94(9), 652-661. <https://doi.org/10.1093/jnci/94.9.652>

Partridge, A. H., Ades, T., Spicer, P., Englander, L., & Wickerham, D. L. (2007). Helping breast cancer patients adhere to oral adjuvant hormonal therapy regimens. *Community Oncology*, 4(12), 725-731. [https://doi.org/10.1016/S1548-5315\(11\)70171-1](https://doi.org/10.1016/S1548-5315(11)70171-1)

Partridge, A. H., Kato, P. M., & DeMichele, A. (2009). Adherence to Oral Cancer Therapies: Challenges and Opportunities. *American Society of Clinical Oncology*, 124-128.

Petrie, K. J., Perry, K., Broadbent, E., & Weinman, J. (2012). A text message programme designed to modify patients' illness and treatment beliefs improves self-reported adherence to asthma preventer medication: A text message programme designed to modify. *British Journal of Health Psychology*, 17(1), 74-84. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8287.2011.02033.x>

Pilemalm, S., & Timpka, T. (2008). Third generation participatory design in health informatics—Making user participation applicable to large-scale information system projects.

*Journal of Biomedical Informatics*, 41(2), 327-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2007.09.004>

Powe, B. D., & Finnie, R. (2003). Cancer fatalism: the state of the science. *Cancer nursing*, 26(6), 454-467.

Rafferty, A. N., Brunskill, E., Griffiths, T. L., & Shafto, P. (2011). Faster Teaching by POMDP Planning. In G. Biswas, S. Bull, J. Kay, & A. Mitrovic (Éd.), *Artificial Intelligence in Education* (Vol. 6738, p. 280-287). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-21869-9\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-642-21869-9_37)

Rahimi, N., & Ibarra, M. (2014). A review of multiple user center design methods for new product development in smart and connected health applications. (p. 3498- 3510). Présenté à Portland International Conference on Management of Engineering & Technology (PICMET), Portland: IEEE.

Ratzan, S. C., & Parker, R. M. (2000). Introduction. In C. R. Selden, M. Zorn, S. C. Ratzan, & R. M. Parker, *National Library of Medicine Current Bibliographies in Medicine: Health Literacy*. Bethesda, MD: National Institutes of Health, U.S. Department of Health and Human Services.

Read, J. C., & MacFarlane, S. (2006). Using the fun toolkit and other survey methods to gather opinions in child computer interaction. In *Proceedings of the 2006 conference on Interaction design and children* (p. 81-88). ACM. Consulté à l'adresse <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1139096>

Reeve, J., Cole, S. G., & Olson, B. C. (1986). Adding excitement to intrinsic motivation research. *Journal of Social Behavior and Personality*, 1(3), 349-363.

Reeves, B., & Read, J. L. (2009). *Total Engagement: Using Games and Virtual Worlds to Change the Way People Work and Businesses Compete*. (Harvard Business School Press). Boston.

Rikkers-Mutsaerts, E. R. V. M., Winters, A. E., Bakker, M. J., van Stel, H. F., van der Meer, V., de Jongste, J. C., ... the SMASHING Study Group. (2012). Internet-based self-management compared with usual care in adolescents with asthma: A randomized controlled trial. *Pediatric Pulmonology*, 47(12), 1170-1179. <https://doi.org/10.1002/ppul.22575>

Ritterfeld, U., Cody, M., & Vorderer, P. (2009). *Serious Games: Mechanisms and Effects*. (Routledge). London.

Rocque, S., Langevin, J., Chalghoumi, H., & Ghorayeb, A. (2011). Accessibilité universelle et designs contributifs dans un processus évolutif. *Développement humain, handicap et changement social*, 19(3), 7-24.

Rocque, S., Langevin, J., Drouin, C., & Faille, J. (1994). *De l'autonomie à la réduction des dépendances*. (Éditions Nouvelles). Montréal.

Roediger, H. L. (2013). Applying Cognitive Psychology to Education: Translational Educational Science. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 1-3. <https://doi.org/10.1177/1529100612454415>

Roll, I., Alevan, V., McLaren, B. M., & Koedinger, K. R. (2011). Improving students' help-seeking skills using metacognitive feedback in an intelligent tutoring system. *Learning and Instruction*, 21(2), 267-280. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.07.004>

Rootman, I. (2009). *Présentation faite à l'Université de Victoria (C.-B.)*. Victoria, Canada.

Rootman, I., & Gordon-El-Bihbety, D. (2008). *Vision d'une culture de la santé au Canada: Rapport du Groupe d'experts sur la littératie en matière de santé*. Association canadienne de santé publique.

Rosenthal, S. R., & Capper, M. (2006). Ethnographies in the front end: Designing for enhanced customer experiences. *Journal of Product Innovation Management*, 23(3), 215-237.

Rudd, R. R., Anderson, J. R., Nath, C., & Oppenheimer, S. (2007). Health literacy: An update of medical and public health literature. In *Review of Adult Learning and Literacy*. (J. Comings, B. Garner & C. Smith, Vol. 7(6)). National Centre for the Study of Adult Learning and Literacy.

Ruddy, K., Mayer, E., & Partridge, A. H. (2009). Patient adherence and persistence with oral anticancer treatment. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 59(1), 56-66. <https://doi.org/10.3322/caac.20004>

Ryan, R. M., Connell, J. P., & Deci, E. L. (1985). A motivational analysis of self-determination and self-regulation in education. In *Research on motivation in education: The classroom milieu* (New York: Academic Press, p. 13-51). New York: C. Ames & R.E. Ames.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000a). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54-67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000b). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, 67.

Ryan, R. M., Kuhl, J., & Deci, E. L. (1997). Nature and autonomy: An organizational view of social and neurobiological aspects of self-regulation in behavior and development. *Development and Psychopathology*, 9(04). <https://doi.org/10.1017/S0954579497001405>

Ryan, R. M., Mims, V., & Koestner, R. (1983). Relation of reward contingency and interpersonal context to intrinsic motivation: A review and test using cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social psychology*, 45(4), 736-750.

- Sackett, D. L. (1976). The magnitude of compliance and non-compliance. *Compliance With Therapeutic Regimens*, p. 9–25.
- Safran, D. G., Neuman, P., Schoen, C., & Montgomery, J. E. (2003). Prescription drug coverage and seniors: How well are states closing the gap? *Health Affairs*, p. W253.
- Salicru, R. (1997). Compliance ou adhésion. *Le Journal du sida*, 101, 18-20.
- Salman, Y. B., Kim, J. Y., Karahoca, A., & Cheng, H.-I. (2007). Participatory icon design for medical information systems. *Hong Kong: International Association of Design Research*. Consulté à l'adresse <https://www.sd.polyu.edu.hk/iasdr/proceeding/papers/Participatory%20icon%20design%20process%20for%20medical%20information%20system.pdf>
- Sanders, E. (2002). From user-centered to participatory design approaches. In *Design and the social sciences: Making connections* (p. 1–8). CRC Press. Consulté à l'adresse <http://www.crcnetbase.com/doi/pdf/10.1201/9780203301302.ch1>
- Sandrin-Berthon, B. (2009). Education thérapeutique: concepts et enjeux. *Actualité et dossier en santé publique*, (66), 9-59.
- Saout, C. (2013). *Quel peut/doit être la place du citoyen dans le système de santé*. Café Nîle, Paris.
- Schau, J. H., & Gilly, M. C. (2003). We Are What We Post? Self-Presentation in Personal Web Space. *Journal of Consumer Research*, 30(3), 385-404. <https://doi.org/10.1086/378616>
- Schmidhuber, J. (1991). Curious model-building control systems. (Vol. 2, p. 1458–1463). Présenté à International Joint Conference on Neural Network, Singapore: IEEE.
- Schnoll, R. A., Malstrom, M., James, C., Rothman, R. L., Miller, S. M., Ridge, J. A., ... Goldberg, M. (2002). Correlates of tobacco use among smokers and recent quitters diagnosed with cancer. *Patient Education and Counseling*, 46(2), 137-145. [https://doi.org/10.1016/S0738-3991\(01\)00157-4](https://doi.org/10.1016/S0738-3991(01)00157-4)
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network. (1998). *Primary care management of asthma: a national clinical guideline*. Edinbourg.
- Seaborn, K., & Fels, D. I. (2015). Gamification in theory and action: A survey. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74, 14-31. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.09.006>
- Shaffer, D. W. (2006). *How Computer Games Help Children Learn*. Macmillan.
- Sharar, S. R., Carrougner, G. J., Nakamura, D., Hoffman, H. G., Blough, D. K., & Patterson, D. R. (2007). Factors influencing the efficacy of virtual reality distraction analgesia

during postburn physical therapy: preliminary results from 3 ongoing studies. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, p. S43-S49.

Shegog, R., Bartholomew, L. K., Parcel, G. S., Sockrider, M. M., Mâsse, L., & Abramson, S. L. (2001). Impact of a computer-assisted education program on factors related to asthma self-management behavior. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 8(1), 49–61.

Shemesh, E., Shneider, B. L., Savitzky, J. K., Arnott, L., Gondolesi, G. E., Krieger, N. R., & Yehuda, R. (2004). Medication adherence in pediatric and adolescent liver transplant recipients. *Pediatrics*, 113(4), 825-832.

Sjöberg, C., & Timpka, T. (1998). Participatory design of information systems in health care. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 5(2), 177-183.

Spinuzzi, C. (2005). The methodology of participatory design. *Technical Communication*, 52(2), 163-174.

Stahl, A. E., & Feigenson, L. (2015). Observing the unexpected enhances infants' learning and exploration. *Science*, 348(6230), 91-94. <https://doi.org/10.1126/science.aaa3799>

Statistique Canada et Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (1997). Littératie et société du savoir : Nouveaux résultats de l'Enquête internationale sur l'alphabétisation des adultes. (p. p.14). Ottawa et Paris.

Stinson, J. N., Jibb, L. A., Nguyen, C., Nathan, P. C., Maloney, A. M., Dupuis, L. L., ... Orr, M. (2013). Development and testing of a multidimensional iPhone pain assessment application for adolescents with cancer. *Journal of medical Internet research*, 15(3).

Strandbygaard, U., Thomsen, S. F., & Backer, V. (2010). A daily SMS reminder increases adherence to asthma treatment: A three-month follow-up study. *Respiratory Medicine*, 104(2), 166-171. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2009.10.003>

Street, R. L., Krupat, E., Bell, R. A., Kravitz, R. L., & Haidet, P. (2003). Beliefs about control in the physician-patient relationship: Effect on communication in medical encounters. *Journal of General Internal Medicine*, 18(8), 609-616. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1497.2003.20749.x>

Sudore, R. L., Yaffe, K., Satterfield, S., Harris, T. B., Mehta, K. M., Simonsick, E. M., ... Schillinger, D. (2006). Limited literacy and mortality in the elderly: The health, aging, and body composition study. *Journal of General Internal Medicine*, 21(8), 806-812. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1497.2006.00539.x>

Suebunukarn, S., & Haddawy, P. (2004). A collaborative intelligent tutoring system for medical problem-based learning. In *Proceedings of the 9th international conference on Intelligent user interfaces* (p. 14–21). ACM.

Tebbi, C. K. (1993). Treatment compliance in childhood and adolescence. *Cancer*, 71(10), 3441-3449.

Tricot, A., Plécat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G., & Morcillo, A. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité: interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH, 13.

Tu, J. V., & Sin, D. D. (2001). Underuse of Inhaled Steroid Therapy in Elderly Patients With Asthma. *Chest*, 119(3), 720-725. <https://doi.org/10.1378/chest.119.3.720>

Tual, S., Godard, P., Bousquet, J., & Annesi-Maesano, I. (2008). Diminution de la mortalité par asthme en France. *Revue des Maladies Respiratoires.*, 25(7), 814-820.

Ulrik, C. S., Backer, V., Sjøes-Petersen, U., Lange, P., Harving, H., & Plaschke, P. P. (2006). The patient's perspective: adherence or non-adherence to asthma controller therapy? *Journal of Asthma*, p. 701-704.

*UN Development Program*. (2007). (Human development report. No. 2007/8). New York: UNDP.

Vaessen, B. E., Prins, F. J., & Jeurig, J. (2014). University students' achievement goals and help-seeking strategies in an intelligent tutoring system. *Computers & Education*, 72, 196-208. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.11.001>

Valentin, A., Lancry, A., & Lemarchand, C. (2010). La construction des échantillons dans la conception ergonomique de produits logiciels pour le grand public. Quel quantitatif pour les études qualitatives ? *Le travail humain*, 73(3), 261. <https://doi.org/10.3917/th.733.0261>

Vallerand, R. J. (1997). Toward a Hierarchical Model of Intrinsic and Extrinsic Motivation. *dvances in Experimental Social Psychology.*, 29, 271-360.

Vallerand, R. J., & Blais, M. R. (1987). *Vers une conceptualisation tripartite de la MI: La MI a la connaissance, à l'accomplissement et aux sensations*. Laboratoire de Psychologie Sociale, Université du Québec, Montréal.

Vallerand, R. J., Blais, M. R., Brière, N. M., & Pelletier, L. G. (1989). Construction et validation de l'échelle de motivation en éducation (EME). *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, 21(3), 323.

Vallerand, R. J., Fortier, M. S., & Guay, F. (1997). Self-determination and persistence in a real-life setting: toward a motivational model of high school dropout. *Journal of Personality and Social psychology*, 72(5), 1161.

Vallerand, R. J., Pelletier, L. G., Blais, M. R., Brière, N. M., Senecal, C., & Vallières, E. F. (1992). The Academic Motivation Scale: A measure of intrinsic, extrinsic, and amotivation in education. *Educational and psychological measurement.*, 52(4), 1003-1017.

Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273-315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478.

Venkatesh, V., Thong, J., & Xu, X. (2012). Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157-178.

Vernon, J. A., Trujillo, A., Rosenbaum, S. J., & DeBuono, B. (2007). Low Health Literacy: Implications for National Health Policy, 18.

Veterans Health Administration. (1997). *Clinical practice guideline for the management of persons with COPD or Asthma*. Washington, D.C.

Villano, M. (1992). Probabilistic student models: Bayesian belief networks and knowledge space theory. (p. 491-498). Présenté à In International Conference on Intelligent Tutoring Systems., Springer Berlin Heidelberg.

Von Hippel, E. (1986). Lead users: a source of novel product concepts. *Management Science*, 32(7), 791-805.

Vygotsky, L. (1987). Zone of proximal development. *Mind in society: The development of higher psychological processes*, 5291, 157.

Walker, C., Papadopoulos, L., Lipton, M., & Hussein, M. (2006). The importance of children's illness beliefs: The Children's Illness Perception Questionnaire (CIPQ) as a reliable assessment tool for eczema and asthma. *Psychology, Health & Medicine*, 11(1), 100-107. <https://doi.org/10.1080/13548500500155792>

Webb, T. L., Joseph, J., Yardley, L., & Michie, S. (2010). Using the internet to promote health behavior change: a systematic review and meta-analysis of the impact of theoretical basis, use of behavior change techniques, and mode of delivery on efficacy. *Journal of medical Internet research*, 12(1).

Weber, K., Martin, M. M., & Cayanus, J. L. (2005). Student interest: A two-study re-examination of the concept. *Communication Quarterly*, 53(1), 71-86. <https://doi.org/10.1080/01463370500055996>

Weinman, J., Petrie, K. J., Moss-Morris, R., & Horne, R. (1996). The illness perception questionnaire: a new method for assessing the cognitive representation of illness. *Psychology and health*, p. 431-445.

Weinman, J., Petrie, K. J., Sharpe, N., & Walker, S. (2000). Causal attributions in patients

and spouses following first-time myocardial infarction and subsequent lifestyle changes. *British Journal of Health Psychology*, 5(3), 263–273.

Weiss, B. D., & Palmer, R. (2004). Relationship Between Health Care Costs and Very Low Literacy Skills in a Medically Needy and Indigent Medicaid Population. *The Journal of the American Board of Family Medicine*, 17(1), 44-47. <https://doi.org/10.3122/jabfm.17.1.44>

WHO. (1998). *Therapeutic patient education: continuing education programmes for health care providers in the field of prevention of chronic diseases: report of a WHO working group.* (p. 158). Copenhagen. Consulté à l'adresse [http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0001972000013504](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0001972000013504)

WHO. (2013). *Health Literacy: The Solid Facts.* (p. 86). Copenhagen.

Williams, M. V., Baker, D. W., Honig, E. G., Lee, T. M., & Nowlan, A. (1998). Inadequate literacy is a barrier to asthma knowledge and self-care. *Chest.*, 114, 1008-1015.

Williams, M. V., Baker, D. W., Parker, R. M., & Nurss, J. R. (1998). Relationship of functional health literacy to patients' knowledge of their chronic disease: a study of patients with hypertension and diabetes. *Archives of Internal Medicine*, 158(2), 166-172.

Williams, M. V., Parker, R. M., Baker, D. W., Parikh, N. S., Pitkin, K., Coates, W. C., & Nurss, J. R. (1995). Inadequate functional health literacy among patients at two public hospitals. *Jama*, 274(21), 1677-1682.

Wister, A. V., Malloy-Weir, L. J., Rootman, I., & Desjardins, R. (2010). Lifelong educational practices and resources in enabling health literacy among older adults. *Journal of Aging and Health*, 22(6), 827-854.

Wixon, D., Holtzblatt, K., & Knox, S. (1990). Contextual design: an emergent view of system design (p. 329-336). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/97243.97304>

Wolfe, C. R., Reyna, V. F., Widmer, C. L., Cedillos, E. M., Fisher, C. R., Brust-Renck, P. G., & Weil, A. M. (2015). Efficacy of a web-based intelligent tutoring system for communicating genetic risk of breast cancer: A fuzzy-trace theory approach. *Medical Decision Making*, 35(1), 46-59.

Wood, J. R., & Wood, L. E. (2008). Card Sorting: Current Practices and Beyond, 4(1), 6.

Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps.* (O'Reilly). Sebastopol.

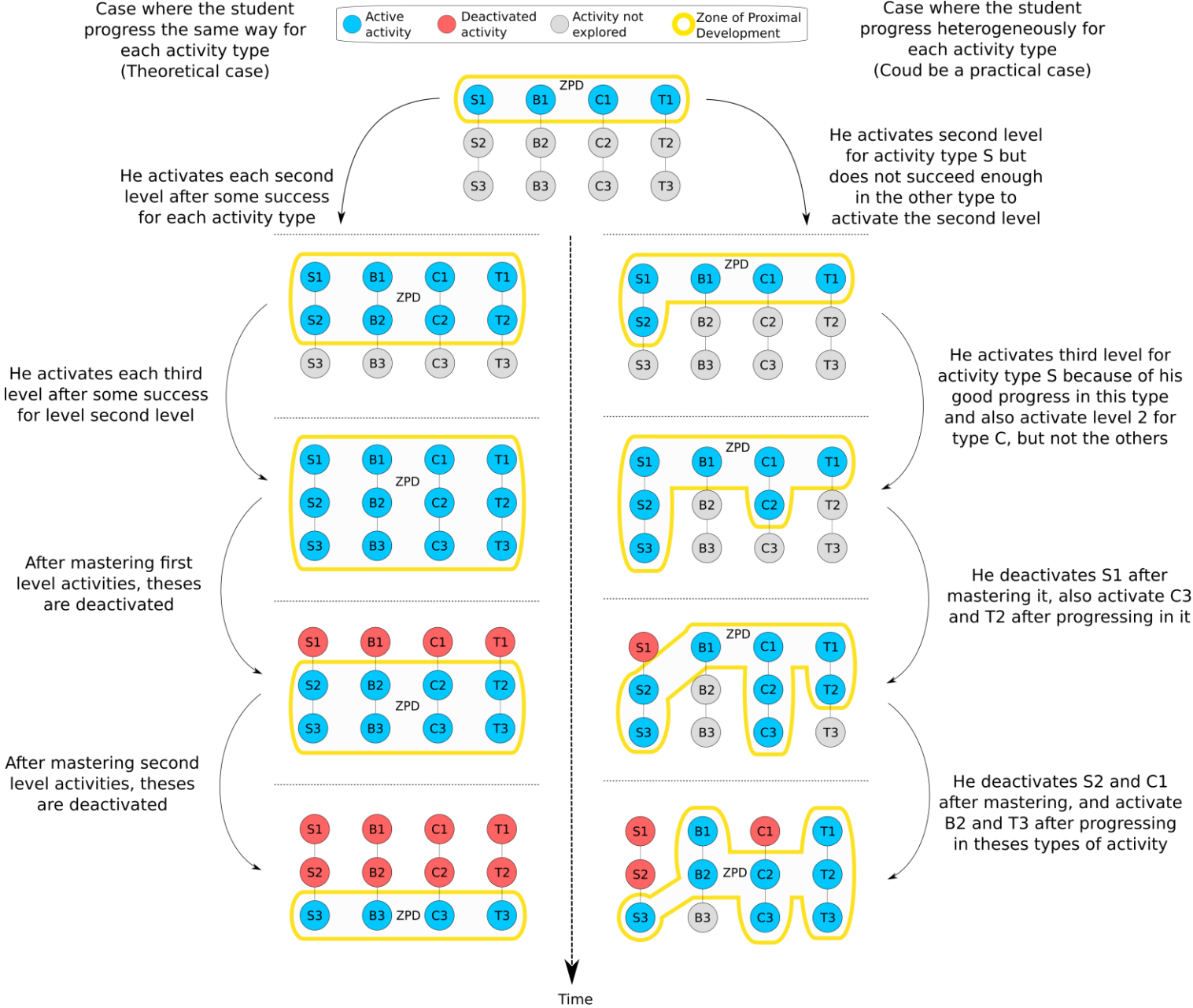


# Chapitre 5 - Annexe

## Sommaire

<b>1</b>	<b>GRAPHE D'ACTIVITE ZPDES.....</b>	<b>221</b>
<b>2</b>	<b>QUESTIONNAIRES.....</b>	<b>222</b>
2.1	QUESTIONNAIRE DE CONNAISSANCE « ASTHME » SUR KIDBREATH .....	223
2.2	SYSTEM USABILITY SCALE (SUS) .....	226
2.3	MOTIVATION GENERALE .....	227
2.4	ASTHMA KNOWLEDGE QUESTIONNAIRE (AKQ).....	228
2.5	DIABETE KNOWLEDGE QUESTIONNAIRE (DKQ).....	230
2.6	CHILDREN ILLNESS PERCEPTION QUESTIONNAIRE (CIPQ).....	231
2.7	CURIOSITE .....	232
2.8	TYPE DE MOTIVATION .....	233
2.9	FUN TOOLKIT.....	234
<b>3</b>	<b>CAHIER DES CHARGES POUR L'IMPLEMENTATION DE KIDBREATH.....</b>	<b>236</b>
<b>4</b>	<b>OPTIONS INITIALEMENT PREVUES DANS LA CONCEPTION KIDBREATH.....</b>	<b>274</b>
4.1	SMS DE RAPPEL .....	274
4.2	VIDEOS PEDAGOGIQUES D'UTILISATION DE L'INHALATEUR SELON LE TYPE .....	276

# 1 Graphe d'activité ZPDES



## 2 Questionnaires

Les questionnaires qui vont suivre sont ceux qui ont été complétés par les participants durant les trois études utilisateurs précédemment décrites dans le cadre de la thèse (voir chapitre 3). Basés sur des travaux scientifiques, ces questionnaires ont dû être traduits et adaptés au contexte d'utilisation de KidBreath pour une population d'enfants.

## 2.1 Questionnaire de connaissance « Asthme » sur KidBreath

1. Sais-tu quelle partie du corps est touchée par l'asthme ?
2. Si les bronches d'un de tes copains asthmatiques sont toujours irritées, elles sont de quelle couleur ?
3. Tu sais quel est le gaz qui rentre dans ton nez quand tu respires ?
4. Sais-tu comment s'appelle ce qu'il y a au bout des bronches ?
5. Voici une de tes bronches, et une bronche d'un de tes copains qui a de l'asthme. Entoure la bronche qui correspond à la tienne.



6. Tu sais quel est le gaz qui sort de ton nez quand tu respires ?
7. Voici une bronche d'un copain asthmatique quand il fait une crise, et une de ses bronches quand il n'en fait pas. Entoure la bronche qu'il a pendant une crise.



8. D'après toi, peux-tu me dire qu'est-ce qui est à l'origine de l'asthme chez un de tes copains asthmatiques ? Ça vient de sa famille, ça vient de l'endroit où il habite ou il peut l'attraper à l'école ?
9. Voici une bronche d'un copain asthmatique quand il fait une crise, et une de ses bronches quand il n'en fait pas. Entoure celle qui, d'après toi, produit des glaires.



10. Voici une de tes bronches, et une bronche d'un de tes copains qui a de l'asthme.  
Entoure la bronche qui correspond à celle de ton copain.



11. Dis, à quel fruit ressemblent des alvéoles selon toi ?
12. Quand un de tes copains asthmatiques a un rhume, tu crois qu'il peut avoir une crise d'asthme d'après toi ? Pourquoi ?
13. Quand un de tes copains asthmatiques a la grippe, tu crois qu'il peut avoir une crise d'asthme d'après toi ? Pourquoi ?
14. Dis-moi, quel est le pourcentage d'enfants asthmatiques en France d'après toi ? Plutôt 10, 1 ou 50% ?
15. Quand un de tes copains asthmatiques court, est-ce qu'il peut courir aussi longtemps que les autres ? Pourquoi ?
16. Est-ce qu'un de tes copains asthmatiques peut ressentir à la poitrine un serrement des fois ? Pourquoi ?
17. Quand un de tes copains asthmatiques tousse, c'est de l'asthme ou autre chose ? Pourquoi ?
18. Quand un de tes copains asthmatiques a une crise d'asthme, est-ce qu'il peut souffler facilement ? Pourquoi ?
19. Quels sont les métiers où un de tes copains asthmatiques peut être gêné par son asthme ?
20. Dans la salle de bain, quels sont les éléments qui peuvent déclencher un asthme chez un de tes copains asthmatiques ?
21. Dans la cuisine, quels sont les éléments qui peuvent déclencher un asthme chez un de tes copains asthmatiques ?
22. Dans le salon, quels sont les éléments qui peuvent déclencher un asthme chez un de

tes copains asthmatiques ?

23. Dans la chambre, quels sont les éléments qui peuvent déclencher un asthme chez un de tes copains asthmatiques ?
24. Chez un de tes copains asthmatiques, est-ce que le tabagisme passif augmente ou diminue son asthme ? Pourquoi ?
25. Chez un de tes copains asthmatiques, est-ce qu'il doit courir doucement ou rapidement avant de commencer un sport ? Pourquoi ?
26. Est-ce que la natation est dangereuse pour la santé des enfants asthmatiques ? Pourquoi ?
27. Quelle est la météo idéale pour attraper un rhume des foies ?
28. Quel est l'endroit où un de tes copains asthmatiques a le moins de risque d'avoir de l'asthme ?
29. Si un de tes copains asthmatiques a oublié une dose de son traitement hier, celui qu'il doit prendre tous les jours, est-ce qu'il peut doubler la dose aujourd'hui ?
30. Si un de tes copains asthmatiques se sent guéri, est-ce qu'il peut arrêter de prendre son traitement de tous les jours ?
31. Est-ce qu'un de tes copains asthmatiques pourra arrêter son traitement quand il sera grand ?
32. Est-ce que l'asthme c'est seulement quand un de tes copains asthmatiques a du mal à respirer ?

## 2.2 System Usability Scale (SUS)

(Brooke, 1996)

	Pas du tout d'accord						Tout à fait d'accord
1) Je pense que j'aimerais utiliser ce site internet souvent.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) Je trouve que ce site internet est trop compliqué.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) J'ai trouvé que ce site internet était facile à utiliser.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) Je pense que j'aurais besoin de l'aide de ma maitresse ou de mes parents pour utiliser ce site internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) J'ai trouvé que les différentes parties du site internet étaient bien faites.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) J'ai trouvé qu'il y avait trop de choses pas logiques dans ce site internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) J'imagine que mes copains apprendront vite à utiliser ce site internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) J'ai trouvé que le site internet était difficile à utiliser.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) Je me sens bien quand j'utilise ce site internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant d'utiliser ce site internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 2.3 Motivation Générale

(Cordova & Lepper, 1996)

- 1) J'ai aimé jouer sur le site *KidBreath*
- |             |   |   |   |   |   |   |            |
|-------------|---|---|---|---|---|---|------------|
| Pas du tout |   |   |   |   |   |   | Énormément |
| 1           | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |            |
- 2) Je voudrais rester après l'école un jour pour jouer à *KidBreath*
- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
- 3) Je pense que le site *KidBreath* est utile pour connaître l'asthme
- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
- 4) Je conseillerai à un copain d'essayer le site *KidBreath*
- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
- 5) Je pense que j'ai été bon sur le site *KidBreath*
- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
- 6) Je voudrais que le jeu ait un niveau plus dur la prochaine fois
- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
- 7) J'ai trouvé que le site *KidBreath* était ... que mon jeu vidéo préféré
- |                     |                   |                    |            |                  |                    |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------|------------------|--------------------|
| Beaucoup moins cool | Un peu moins cool | Presque aussi cool | Aussi cool | Un peu plus cool | Beaucoup plus cool |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------|------------------|--------------------|
- 8) J'ai trouvé que le site *KidBreath* était ... que ma matière préférée à l'école
- |                     |                   |                    |            |                  |                    |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------|------------------|--------------------|
| Beaucoup moins cool | Un peu moins cool | Presque aussi cool | Aussi cool | Un peu plus cool | Beaucoup plus cool |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------|------------------|--------------------|



## 2.4 Asthma Knowledge Questionnaire (AKQ)

(Al-Motlaq & Sellick, 2011)

		VRAI	FAUX	NSP
1	Beaucoup d'enfants ont de l'asthme.			
2	Les personnes qui ont de l'asthme sont souvent inquiètes.			
3	Les personnes qui ont de l'asthme peuvent boire du lait et manger des yaourts.			
4	Avoir la grippe peut entraîner une crise d'asthme.			
5	Les personnes qui ont de l'asthme peuvent fumer sans aucun souci.			
6	Les personnes qui ont de l'asthme peuvent devenir accro à leur médicament contre l'asthme (ne peuvent pas diminuer les doses).			
7	Si vous n'êtes pas asthmatique aujourd'hui, vous ne le serez jamais.			
8	La crise d'asthme est causée par des rougeurs et des gonflements dans les voies respiratoires.			
9	La majorité des enfants asthmatiques sont plus petits que les autres enfants.			
10	L'asthme est contagieux et peut donc se transmettre d'une personne à une autre.			
11	Si un enfant dans la famille a de l'asthme, alors leurs frères et sœurs auront de l'asthme aussi.			
12	Les personnes qui ont de l'asthme peuvent mourir si elles ne sont pas bien traitées.			
13	Les médicaments contre l'asthme doivent se prendre tous les jours.			
14	Quand une personne a une crise d'asthme, elle doit utiliser un inhalateur.			
15	Les personnes qui ont de l'asthme peuvent avoir des oiseaux comme animaux de compagnie sans aucun souci.			
16	Les crises d'asthme sont plus fréquentes la nuit.			
17	Les personnes asthmatiques peuvent faire de la natation sans aucun souci.			
18	Certains médicaments contre l'asthme peuvent affaiblir le cœur.			
19	Pour stopper une crise d'asthme, on doit se reposer.			
20	Une crise d'asthme peut arriver soudainement sans prévenir.			
21	Sans signes d'asthme, on peut arrêter les médicaments.			
22	Avec les bons traitements, un enfant asthmatique a une vie normale.			
23	Les enfants asthmatiques peuvent faire du sport.			

<b>24</b>	Peux-tu écrire 3 signes/manifestations de l'asthme ?	
	1 <sup>er</sup> signe d'asthme :	
	2 <sup>ème</sup> signe d'asthme :	
	3 <sup>ème</sup> signe d'asthme :	

## 2.5 Diabete Knowledge Questionnaire (DKQ)

(Issu de <https://www.quizz.biz/quizz-948885.html>)

1	Qu'est-ce qu'une hypoglycémie ?	Une augmentation du cholestérol dans le sang	Une baisse de sucre dans le sang	Un virus	Ne sais pas
2	Qu'est-ce qu'une hyperglycémie ?	Une baisse de sucre dans le sang	Une bactérie	Une augmentation de sucre dans le sang	Ne sais pas
3	Comment peut-on aider une personne qui fait une hypoglycémie ?	En pratiquant le bouche à bouche	En donnant du sucre ou une boisson sucrée	En lui jetant de l'eau à la figure	Ne sais pas
4	Mon alimentation peut-elle comporter des fast-foods comme Mcdo/Quick ?	Oui, mais sans abus	Vas-y lâche-toi !	A éviter	Ne sais pas
5	En tant que diabétique, dois-je avoir une alimentation particulière ?	Surtout pas	C'est nécessaire	Cela ne sert à rien !	Ne sais pas
6	Qu'est-ce que l'insuline ?	C'est du liquide vaisselle	C'est un jeu vidéo	C'est une hormone sécrétée par le pancréas	Ne sais pas
7	Un diabétique a-t-il besoin de pratiquer une activité sportive ?	Oui, pour perdre du poids	Oui, pour réguler son diabète	Non, car le sport est dangereux pour la santé du diabétique.	Ne sais pas
8	En tant que diabétique, ai-je le droit de sortir avec des copains ?	Oui, bien sûr	Non	Oui, mais il faut ranger sa chambre	Ne sais pas
9	Quels sont les 3 symptômes de l'hypoglycémie ?	Cheveux gras, mauvaise haleine, dents jaunes	Fatigue intense, transpiration, saute d'humeur	Faim, soif, besoin d'aller aux toilettes	Ne sais pas
10	Quels sont les 3 symptômes de l'hyperglycémie ?	Soif intense, bouche sèche, besoin d'aller aux toilettes	Nausée, toux, nez qui coule	Cheveux gras, mauvaise haleine et caries	Ne sais pas

## 2.6 Children Illness Perception Questionnaire (CIPQ)

(Walker, Papadopoulos, Lipton, & Hussein, 2006)

<i>Nous sommes intéressés sur ce que tu ressens sur ta maladie.</i>		VRAI	FAUX
<b>P1</b>	Ma maladie ne va pas durer longtemps.		
<b>P2</b>	J'ai plus de chance d'avoir ma maladie toute la vie plutôt qu'elle parte bientôt.		
<b>P3</b>	Ma maladie va durer longtemps.		
<b>P4</b>	Ma maladie est une maladie sévère.		
<b>P5</b>	Ma maladie a beaucoup d'impact sur ma vie.		
<b>P6</b>	Ma maladie n'a pas tant d'impact que ça sur ma vie.		
<b>P7</b>	Je vis plus facilement avec ma maladie.		
<b>P8</b>	Ma maladie influence beaucoup ce que les autres pensent de moi.		
<b>P9</b>	Ma maladie fait dépenser beaucoup d'argent à ma famille.		
<b>P10</b>	Ma maladie influence beaucoup ce que ce que je pense de moi.		
<b>P11</b>	Ma maladie va s'améliorer avec le temps.		
<b>P12</b>	Il y a beaucoup de choses que je peux faire pour contrôler ma maladie.		
<b>P13</b>	Mes médicaments vont aider à soigner ma maladie.		
<b>P14</b>	On ne peut faire que très peu de choses pour rendre ma maladie meilleure.		
<b>P15</b>	Si je sors de ma maladie, je saurais si je suis chanceux.		
<b>P16</b>	Tout ce que je fais peut améliorer ou empirer ma maladie.		
<i>Maintenant nous sommes intéressés sur ce que tu penses concernant les causes de ta maladie. Chacun est différent, il n'y a pas de mauvaise réponse.</i>			
<b>C1</b>	Le stress est très important dans les causes de ma maladie.		
<b>C2</b>	Ma maladie est très courante dans la famille.		
<b>C3</b>	C'est un microbe qui a provoqué ma maladie.		
<b>C4</b>	Ce que je mange a joué un grand rôle dans les causes de ma maladie.		
<b>C5</b>	C'est juste le hasard qui a fait que je suis devenu malade.		
<b>C6</b>	Ma maladie a été causée par de mauvais soins médicaux dans le passé.		
<b>C7</b>	La pollution dans l'environnement a causé ma maladie.		
<b>C8</b>	Ma maladie est largement due à mon propre comportement.		
<b>C9</b>	Les problèmes de famille ou les inquiétudes ont provoqué ma maladie.		
<b>C10</b>	Ce que je ressens prend une grande part dans ma maladie.		

## 2.7 Curiosité

(Gordon et al., 2015)

*« Je vais créer d'autres quiz sur KidBreath pour que les gens qui ne sont pas venus ici puissent apprendre un maximum de choses sur leur asthme. Je voudrais que tu me poses le plus de questions possibles sur l'asthme et j'y répondrai dans KidBreath. Qu'est-ce que tu voudrais savoir sur l'asthme ? »*

**Réponse**

## 2.8 Type de Motivation

(Vallerand et al., 1989)

« Pourquoi as-tu été sur KidBreath, qu'est-ce qui t'a motivé à y aller ? »		Oui	Non
8	Parce que j'aurais honte si je n'y arrivais pas.		
17	Parce que j'aime bien réussir à un test.		
18	Parce que ça me rend joyeux quand je réponds correctement à un des jeux.		
4	Pour avoir un chocolat.		
15	Parce que je suis content quand j'apprends pleins de choses sur l'asthme que je ne savais pas.		
21	Parce que je me sens bien quand j'y joue.		
19	Parce que je suis heureux quand j'y joue.		
2	Je ne sais pas pourquoi.		
3	Je fais ce qu'on me dit de faire.		
7	Pour montrer que je suis intelligent.		
6	Pour avoir les félicitations.		
10	Parce que je pense que si j'en connais plus sur l'asthme, je pourrais aider un copain qui a une crise.		
20	Parce que je ne m'ennuie jamais quand j'y joue.		
13	Parce que j'aime bien apprendre de nouvelles choses.		
11	Parce que c'est bien pour moi de réussir ce test.		
1	Je le saurais peut-être plus tard.		
14	Parce que j'apprends pleins de choses qui m'intéressent.		
9	Parce que j'ai toujours eu de bonnes notes et ça doit continuer.		
5	Pour avoir une bonne note.		
12	Parce que ça me met de bonne humeur quand je réussis.		
16	Parce que je suis content quand je me donne à 100% pour un test.		

## 2.9 Fun Toolkit

(Read & MacFarlane, 2006)

### 2.9.1 Smileyometer

« Alors, comment vas-tu trouver / as-tu trouvé le jeu KidBreath ? »



**Affreux**

**Pas terrible**






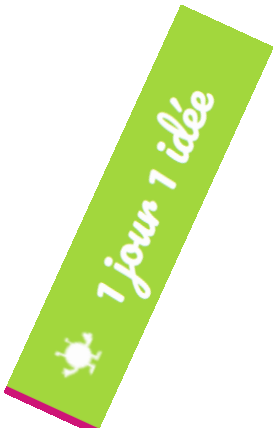
**Cool**

**Très cool**

**Génial**

### 2.9.2 Fun Sorter

« Colle les différents éléments auxquels tu as joué dans l'ordre que tu préfères. »

	Le meilleur			Le pire
<i>Les plus amusants</i>				
<i>Les meilleurs pour apprendre l'asthme</i>				

### 2.9.3 Again Again

« Si tu devais rejouer à KidBreath, quelle partie tu voudrais refaire ? »

	Oui	Peut-être	Non



## **3 Cahier des charges pour l'implémentation de KidBreath**

Le document qui suit relate les différentes versions du cahier des charges rédigé dans le cadre des implémentations nécessaires du prototype KidBreath, préalables aux différentes études empiriques qui ont été réalisées durant la thèse. Les fonctionnalités de la première version du prototype, appelée V0, ont été établies le 2 mars 2016 afin de préparer les premiers focus groups (une classe de CE2) qui se sont déroulés du 28 juin au 1<sup>er</sup> juillet 2016. La version suivante (V1) correspond à l'implémentation totale des contenus pédagogiques et à la prise en compte des différents artefacts relevés lors du focus group. La V1.1 a été livrée le 16 novembre 2016 pour des tests utilisateurs effectués du 20 mars au 12 avril 2017 (deux classes de CE2). Le cahier des charges n'ayant pas été finalisé par les prestataires de développement, une nouvelle version, appelée V1.2 a été mise en place le 17 avril 2017 afin d'améliorer l'utilisabilité de l'outil pour les expérimentations finales prévues auprès de la population cible. Ces études se sont déroulées du 2 octobre 2017 au 17 janvier 2018 (31 enfants asthmatiques). Une dernière version, appelée V2, reprend les différents artefacts relevés lors des derniers tests ainsi que les fonctionnalités non prises en compte dans la précédente version. Cette V2 a été définie le 18 avril 2018 dans le cadre d'un dossier de financement participatif, pour une potentielle mise sur le marché (voir chapitre 4).

# **Site KidBreath Cahier des Charges**

## 1. Introduction

Fin 2014, un partenariat tripartite a été signé dans le cadre d'une thèse CIFRE entre ITWELL SAS, INRIA Bordeaux Sud-Ouest et la doctorante Alexandra Delmas.

- **ITWELL** est une société spécialisée dans la lisibilité et l'accessibilité des informations numériques en santé ;
- **Inria Flowers** est une équipe de recherche spécialisée dans l'apprentissage en robotique. Ils ont créé l'application *KidLearn*, qui est une méthode algorithmique d'optimisation d'apprentissage dans les mathématiques en classe de CE1.

Le projet qui en découle allie les deux compétences. Il s'agit en effet du développement d'un site web, temporairement nommé *KidBreath*, visant à améliorer l'autogestion de l'asthme, chez les enfants âgés de 8 à 11 ans, grâce à la méthode algorithmique d'optimisation d'apprentissage préalablement développée pour *KidLearn*.

Plus précisément, le projet CIFRE consiste à élaborer un outil de type Système Tutoriel Intelligent (STI) qui, grâce à des algorithmes d'optimisation d'apprentissage, va s'adapter à la façon d'apprendre du patient vis-à-vis de sa pathologie chronique. Le système proposé sera composé d'un parcours comprenant différentes activités (quizz, QCM, mini-jeux, vidéo). Cette approche, résolument innovante, permet de prendre en compte la capacité d'apprentissage du patient afin de moduler les activités pour qu'elles lui correspondent. Cette prise en compte est d'autant plus importante que le patient est un enfant devant vivre au quotidien avec une pathologie chronique. La capacité d'apprentissage s'en trouve par conséquent déformée.

La pathologie retenue est l'asthme, en raison de la littérature scientifique démontrant un manque d'adhésion évident aux traitements chroniques de la part des patients. Deux recherches bibliographiques approfondies ont été conduites : la première concernait les facteurs diminuant la motivation lors de la gestion d'une pathologie chronique et la seconde l'impact de l'utilisation de STI. Ces recherches nous ont permis d'élaborer les mécaniques de notre système, notamment pour palier à cette démotivation.

Les STI sont conçus pour être en adéquation avec le profil de l'utilisateur mais aussi pour répondre à ses besoins. Le but est de lui proposer un apprentissage optimal et d'améliorer, dans notre cas, sa qualité de vie.

### **Impacts attendus :**

L'impact du projet KidBreath, dans le domaine de la gestion de l'asthme, se fait à court, moyen et long-terme.

#### Bénéfices court-terme pour le patient :

- Augmenter le niveau de connaissance de sa pathologie de façon plus efficace et plus rapide qu'avec un système d'apprentissage « classique » ;
- Augmenter le niveau de littératie en santé par rapport au niveau initial.

#### Bénéfices moyen-terme pour le patient :

- Améliorer la perception qu'il a de sa maladie, notamment les idées reçues et fausses croyances, pour qu'il puisse se sentir capable de la gérer ;
- Augmenter la motivation à continuer les sessions d'activités ;
- Augmenter l'adhésion aux traitements.

Bénéfices long-terme pour le patient :

- Améliorer sa qualité de vie : augmentation du Sentiment d'Efficacité Personnelle (SEP), diminution des consultations médicales et des accidents dus aux effets iatrogènes ;
- Améliorer le comportement sanitaire grâce à l'adhésion thérapeutique.

## 2. Objectifs de la V1

### a. Déboguer la V0

Une première version, appelée KidBreath V0, a été faite et testée dans une classe de CE2. Des artefacts ont été relevés et pris en compte pour le développement de la version suivante, appelée V1. Le détail de conception de cette V0 se trouve en section 4.

### b. Améliorer l'identité visuelle

Pour que l'interface soit adaptée à notre population cible, nous avons décidé de créer un univers qui allierait asthme et espace (extraterrestres, voyage galactique etc.). Suite à l'étude faite dans la classe de CE2, il est apparu que l'interface devait être améliorée ergonomiquement. Des impressions d'écran de la V0 sont fournies tout au long de ce cahier des charges afin d'illustrer cet univers et de garder les éléments phares qui ont plu à notre population. Tous les éléments graphiques nécessaires au développement seront mis à disposition du développeur.

### c. Constitution de contenus supplémentaires

Peu de contenus d'apprentissage ont été développés dans la V0. Pour que le STI puisse proposer des activités adaptées aux enfants asthmatiques, un maximum de quiz, QCM, jeux et vidéos doivent être créés sans pour autant « crasher » les modules existants (détails en 4.1.). Les scénarios d'activités ont été validés par l'équipe d'experts médicaux et les technologies à utiliser définies. Le détail se trouve dans le 4.2.

## 3. Spécifications

### a. Généralités

Le site doit être conçu en Responsive Design, pour être accessible sur le web via les smartphones, tablettes, et ordinateurs de bureau.

Une ergonomie spécifique doit être définie pour les Smartphones compte tenu des résolutions et taille d'écran de ces devices (first mobile).

Le public cible concerne des enfants âgés de 8 à 11 ans. Même si l'inscription (et éventuellement la connexion) nécessite l'aide des parents, il est nécessaire que l'enfant puisse être capable d'utiliser le système en autonomie.

Après une première partie d'inscription/connexion, l'enfant aura accès aux différentes pages du site :

- Page « **Mon voyage** » : parcours d'apprentissage automatisé.
  - o Il est constitué de quizz, QCM et mini-jeux qui seront affichés de façon aléatoire dans cette V0. Les algorithmes d'optimisation d'apprentissage seront implémentés dans une version ultérieure.
  - o Chaque activité d'apprentissage traitera l'une des unités de connaissances à acquérir suivante : biomédical, symptômes, connaissances générales, traitements.
  - o Le compagnon de route énoncera les questions et donnera les réponses et le complément d'information correspondant.
  
- Page « **Je découvre la Galaxie** » - vidéos ludiques qui traitent des fausses croyances et idées reçues autour de la maladie : « le savais-tu », « 1jour - 1idée ». L'enfant lance la vidéo de son choix, aucune interaction particulière avec la vidéo n'est attendue. Ce contenu est destiné aux enfants qui veulent en savoir plus sur leur maladie.
  
- Page « **Mon Journal de Bord** » - infographies reprenant l'historique d'activité de l'enfant : temps passé sur les activités d'apprentissage par jour, niveau atteint, et thématiques abordées dans le parcours d'apprentissage. L'enfant doit pouvoir constater que ces données évoluent et qu'il progresse dans le système. Le temps de visionnage des vidéos dans la rubrique « Je découvre la Galaxie » sera accessible également du côté administrateur.
  
- Page « **Mon Profil** » - données personnelles que l'enfant a rentré avec l'aide des parents : surnom, date de naissance, allergies, traitements actuels pour l'asthme, mail d'un des parents et mot de passe pour pouvoir se connecter (couple pseudo/mot de passe).

Toutes ces pages sont illustrées à l'aide de maquettes graphiques dans la suite de ce document.

## b. Front Office

- Langage de développement : PHP, HTML-5, CSS, MySQL, JQuery, Javascript ;
- Appel d'une fonction d'affichage en mode paginée ;
- Jeux conçus en tant que modules sous Phaser.io ;
- Réalisation d'un formulaire dynamique d'inscription :
  - o Surnom ;
  - o Date de naissance ;
  - o Mot de passe + confirmation ;
  - o Mail d'un des parents + confirmation ;
  - o Choisir une photo de profil parmi un panel d'une dizaine d'extraterrestres (image.MettreLeFormat) ;
  - o Système de captcha assez simple pour l'enfant (ex : clique sur animal correspondant au nom écrit) ;
- Possibilité de renvoyer les identifiants sur le mail du parent en cas d'oubli ou si l'enfant souhaite changer : dès qu'il clique sur « mot de passe ou surnom oublié » dans le formulaire de connexion, il rentre le mail du parent et complète le système de captcha. Suite à cela, le surnom et le mot de passe sont renvoyés sur l'adresse mail associée. Si l'enfant ne connaît pas l'adresse mail du parent il devra l'attendre pour récupérer les informations.

- Possibilité de cliquer sur « se souvenir de moi » pour pré-renter les identifiants dans le formulaire de connexion.
- Vérification de la validité de l'adresse mail du parent : check mail.

### c. Back Office

- Système accessible via l'URL spécifique : [www.kidbreath.fr](http://www.kidbreath.fr).
- Possibilité de gestion de profil (modifier un profil, ou le supprimer).
- Accès aux données personnelles des enfants :
  - o Scores pour chaque question ;
  - o Temps de visionnage de chaque vidéo ;
  - o Historique des pages vues : temps passé sur chaque page ;
  - o Temps de connexion total par jour.
- Possibilité de modification des zones d'introduction de la page d'accueil (« Qui je suis », « Qui peut s'en servir », « A quoi ça sert », etc.).
- Implémentation des jeux.
- Gestion des contenus ludo-éducatifs :
  - o Définir catégories Type (quizz, qcm, jeux) ;
  - o Définir Thématique (biomédical, symptômes, connaissances générales traitements) ;
- Uploader le contenu.
- Temps de visualisation pour chaque vidéo (voir la rubrique « Je découvre la Galaxie »).

### d. Hébergement

Serveur dédié : APACHE, LINUX, PHP 5.5 installé, MySQL installé + OVH.

Nécessité d'utiliser un serveur dédié en raison de la nécessité d'installer des bin à la racine.

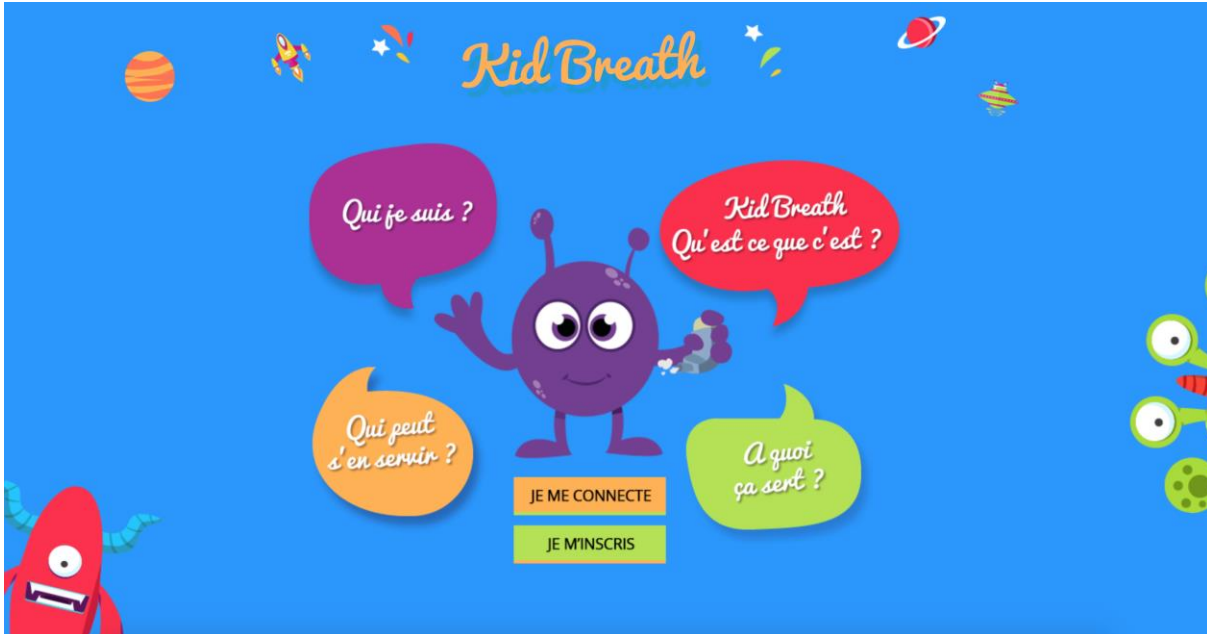
## 4. Fonctionnalités V0

La première version développée pour KidBreath est constituée :

- D'une page d'accueil expliquant le but de l'application et ce qu'elle contient ;
- De l'architecture globale du système comprenant le formulaire d'inscription/connexion, et des différentes pages mises en place : « Mon voyage », « Je découvre la galaxie », « Mon journal de bord », « Mon profil » ;
- De modules d'apprentissage contenus dans la partie « Mon voyage » :
  - o Biomédical : 10 questions-quizz / 5 questions QCM / 2 jeux ;
  - o Symptômes : 5 questions QCM / 2 jeux ;
  - o Connaissances Générales : 4 jeux ;
- De 9 vidéos d'animation informatives : « le saviez-vous » et « 1j-1idée » ;
- D'un « compagnon de route » qui énoncera les questions et fournira les réponses dans le parcours d'apprentissage. Ce compagnon est un extraterrestre sans sexe défini, afin qu'il plaise autant aux filles qu'aux garçons et prénommé « Zorglub ».

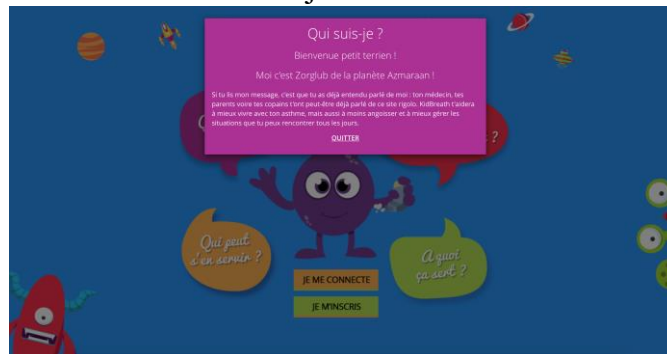
## a. Page d'accueil

Il s'agit de la première page sur laquelle l'enfant tombe quand il clique sur le lien URL du site. Elle est constituée d'une partie informative, d'une partie connexion, ainsi que d'un accès à des informations plus générales dans le Footer.



*Ecran 1 : page d'accueil KidBreath*

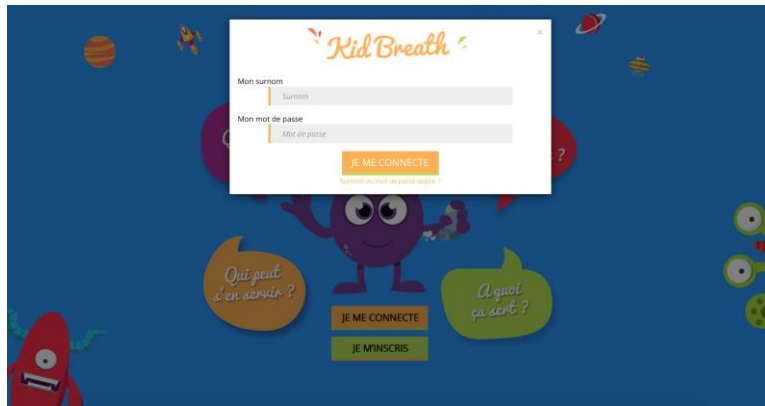
La partie informative se distingue en quatre points dont le contenu peut être affiché ou non par l'utilisateur. En effet, seuls les titres sont visibles dans un premier temps et affichés dans une bulle. Quand l'utilisateur clique sur l'une d'elles, le contenu associé au titre s'affiche et la bulle s'agrandit. L'extraterrestre l'énonce également pour avoir une double entrée. Quand l'utilisateur clique sur une autre bulle, celle-ci s'agrandit, son contenu remplace le précédent, et la bulle précédente se réduit. Le bouton « je m'inscris » reste visible.



*Ecran 2 : page d'accueil KidBreath – partie « Qui suis-je ? » activée*

## i. Connexion

En cliquant sur le bouton « Je me connecte », la pop-in permettant de se connecter apparaît (pour l'inscription voir 4.1.2.). L'enfant doit rentrer le surnom choisi au moment de l'inscription et le mot de passe associé.



Écran 3 : pop-in connexion

En voulant se connecter, l'enfant peut rencontrer plusieurs cas de figure :

- **Si les identifiants rentrés ne sont pas corrects** : la connexion ne se fait pas.
- **Si les identifiants ont été oubliés** : en cliquant sur « Mot de passe ou surnom oublié », une pop-in apparaît pour saisir l'adresse email du parent qui a servi lors de l'inscription.

Pour plus de sécurité, un système de captcha est également demandé. Pour qu'il soit accessible, le système doit être simplifié pour que l'enfant n'ait pas à écrire de réponse en toute lettre. Par exemple, on peut lui demander de cliquer sur un animal parmi quatre qui correspond au modèle proposé. En cliquant sur « suivant », les identifiants seront ainsi renvoyés dans le mail qui aura été rentré et la pop-in se fermera.



Écran 4 : pop-in « identifiants oubliés »

E-mail envoyé aux parents : « Bonjour, votre enfant #Surnom a oublié ses identifiants et souhaite se connecter sur le site KidBreath. Les identifiants choisis lors de l'inscription sont les suivants :

Surnom : XXXX

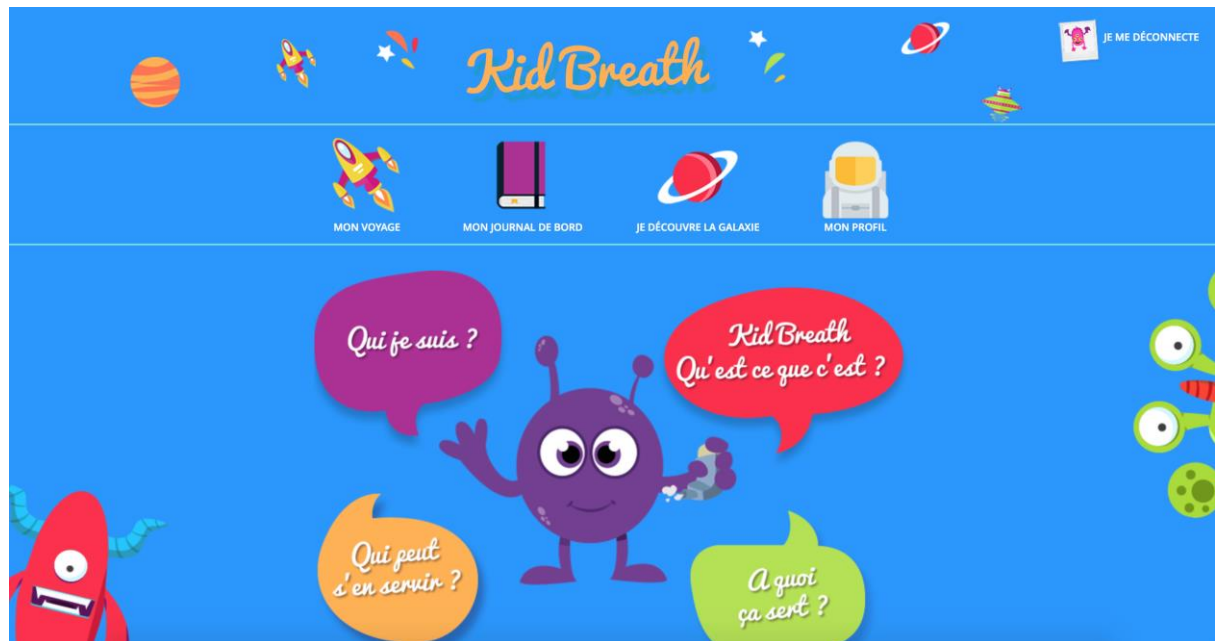
Mot de passe : YYYY

Aidez votre enfant #Surnom à se reconnecter et à changer ses informations en allant dans la rubrique « Mon Profil » s'il le souhaite.

Bon voyage sur KidBreath ! »

- **Si les identifiants de connexion sont corrects** : après avoir cliqué sur « Je me connecte » l'enfant arrive sur une page d'accueil similaire à la première, mais avec l'accès aux différents onglets de KidBreath, ainsi que la possibilité de se déconnecter.





*Ecran 5 : page d'accueil après connexion*

## ii. Inscription

La page d'inscription n'est accessible que depuis le bouton « Je m'inscris » situé sur la page d'accueil.

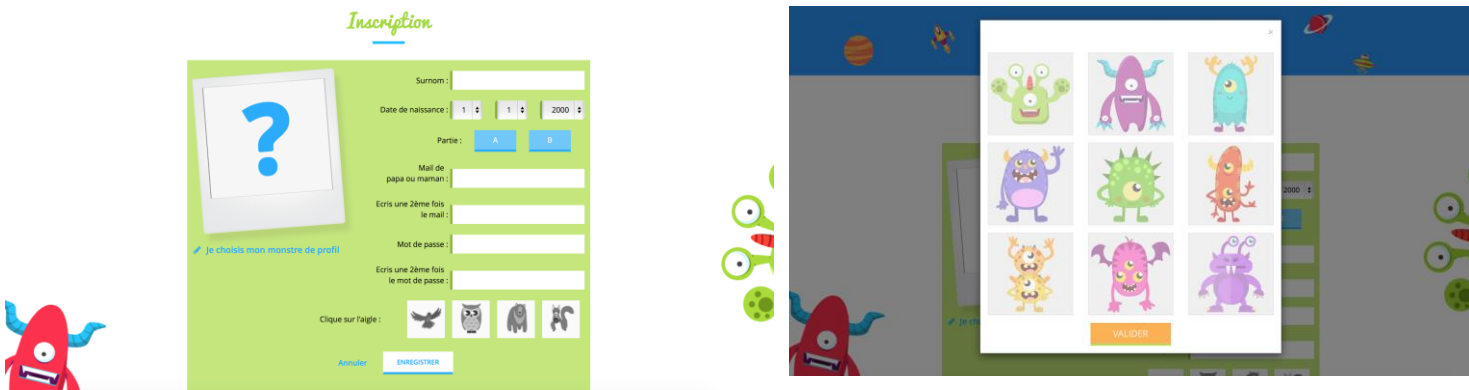
Les champs qui composent la première partie du formulaire d'inscription (informations personnelles) sont les suivants :

- « **Mon surnom** » (champ texte) : peut contenir lettres, chiffres, caractères non alphanumériques. Ne doit pas contenir d'espace et doit faire plus de 1 caractère.
- « **Ma date de naissance** » (3 droplist) : la date est renseignée au format jj/mm/aaaa.  
Caractéristique des droplists :
  - o Jour : de 01 à 31
- Mois : de 01 à 12
  - o Année : de 2000 à l'année en cours
- « **Ma partie** » (bouton) : correspond aux deux conditions d'utilisation lors de l'étude V0. Dans la condition A, l'enfant peut naviguer dans n'importe quelle partie du site et faire les activités qu'il souhaite. Dans la B en revanche, les activités de « Mon voyage » et les vidéos de « Je découvre la galaxie » s'affichent de façon aléatoire, de telle sorte que l'enfant est obligé de les avoir terminées avant de passer aléatoirement à l'activité suivante. Cette différence de condition ne sera plus présente dans la V1.
- « **Mon mot de passe** » (champ texte) : même contrainte que pour le surnom, il doit être visible.
- « **Confirmer mon mot de passe** » (champ texte) : un test de conformité des deux chaînes de caractères saisies est à faire.
- « **Adresse email de ton papa ou de ta maman** » (champ texte) : l'utilisateur doit rentrer une adresse email valide. Un système de vérification de la validité devra être effectué (check mail).
- « **Confirmer l'adresse email** » : (champ texte) : un test de conformité des deux chaînes de caractères saisies est à faire.
- « **Choisis ton extraterrestre** » : l'enfant a la possibilité de personnaliser son profil en choisissant une image d'extraterrestre parmi un panel d'une dizaine. En cliquant sur l'ensemble du cadre photo, une pop-in apparaîtra pour qu'il puisse sélectionner son

avatar (voir image ci-dessous). Cliquer sur « valider » après l'avoir sélectionné confirmera son choix.

- **Système de captcha** : pour sécuriser l'inscription, un captcha doit être mise en place. L'enfant devra associer le nom de l'animal ou de l'objet écrit à l'image qui correspond, parmi les quatre images qui lui sont proposées.

Remarque : le compagnon de route est présent, et énonce chaque champ quand l'enfant clique dessus.



*Ecrans 6a et 6b : formulaire d'inscription (à gauche) et pop-in « Je choisis mon monstre de profil » (à droite)*

Après avoir rempli tous les champs et cliqué sur « Enregistrer », deux cas de figure apparaissent :

- **Si un ou plusieurs champs remplis ne sont pas corrects** : un message d'erreur apparaît au-dessus du champ correspondant.  
Messages d'erreur pour chaque type de champ :
  - o Surnom et mot de passe : *Ton surnom / mot de passe n'est pas correct, il ne doit pas avoir d'espace et doit faire plus d'une lettre.*
  - o Mail : *Le mail n'est pas correct.*
  - o Confirmation du mot de passe/mail : *Le mail/mot de passe et la confirmation du mail / mot de passe ne sont pas les mêmes.*

La validation n'est effective qu'une fois tous les champs renseignés correctement.

- **Si tous les champs remplis sont corrects** : la page d'accueil avec l'accès aux différents onglets s'affiche (cf. écran 5).

## b. Header, Menu, Footer

### i. Header

Le Header s'affiche en partie dès la page d'accueil. Il est composé :

- d'une bannière ;
- du surnom de l'enfant et de la photo de son avatar (visibles seulement après l'inscription/connexion) ;
- d'un bouton de déconnexion (visibles seulement après l'inscription/connexion) ;

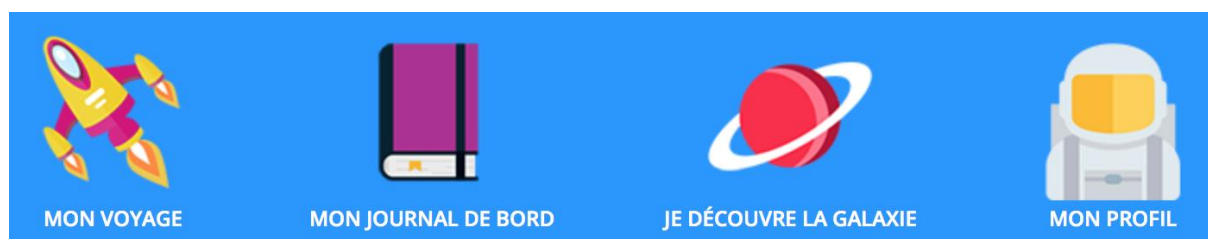


Ecran 7 : header de KidBreath

## ii. Menu

Le menu lui, n'est visible qu'après s'être inscrit ou connecté. Il est composé d'onglets permettant d'accéder aux rubriques suivantes :

- *Mon voyage* ;
- *Mon Journal de Bord* ;
- *Je découvre la Galaxie* ;
- *Mon Profil*.



Ecran 8 : menu de KidBreath visibles des différentes pages

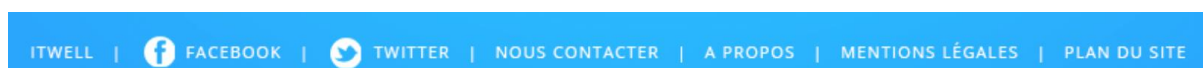
## iii. Footer

L'ensemble des informations du footer sera visible dès la page d'accueil et sans connexion préalable.

Les renseignements qui doivent paraître sont :

- Site web ItWell ;
- Contact mail concernant KidBreath ;
- À propos ;
- Mentions légales ;
- Plan du site.

*Le contenu est en cours d'élaboration concernant ces parties.*



Ecran 9 : footer

## c. La page « Mon Voyage »

### i. Interface

Cette rubrique correspond au parcours d'activité d'apprentissage que l'enfant devra effectuer au moins une fois par semaine. Les activités, sous la forme de quizz, QCM et mini-jeux seront présentées par thématiques :

- *Mon corps* ;
- *Mes signes* ;
- *P'tits trucs pour moi* ;
- *Mes médicaments* (non développée dans la V0).

L'enfant y a accès une fois connecté en cliquant dans l'onglet « Mon Voyage » situé dans le menu.



*Ecran 10 : page « Mon Voyage »*

## ii. Activités

Les activités d'apprentissage, présentées dans la V0 sous la forme de Quizz (où l'enfant écrit la réponse), de QCM (réponses fournies), et de jeux (mot mêlés, mots croisés, chercher les éléments déclenchant de l'asthme) sont affichées par thématique et type d'activité :

- Partie « Mon corps » : 2 quiz – 2 jeux ;
- Partie « Mes signes » : 2 quiz – 2 jeux ;
- Partie « P'tits trucs pour moi » : 4 jeux.

Le compagnon énonce la question affichée et adopte plusieurs comportements interrogatifs quand il posera la question.

- En cliquant sur « Valider » :
  - o Bonne réponse : l'extraterrestre adopte un comportement de victoire en s'exclamant « Exact ! » (gif) et énonce la bonne réponse suivie d'un complément d'information ;
  - o Mauvaise réponse : l'extraterrestre adopte un comportement d'embarras en disant « Pas tout à fait ! » (gif) et énonce la bonne réponse, suivie du même complément d'information.
- En cliquant sur un autre onglet, ou « précédent » : l'enfant quitte l'activité en cours, qui n'est pas enregistrée, à l'inverse des activités terminées. Dans les deux cas, il revient sur la page « Mon voyage ».



*Ecran 11a, 11b, 11c : enchainement d'une question type quiz*

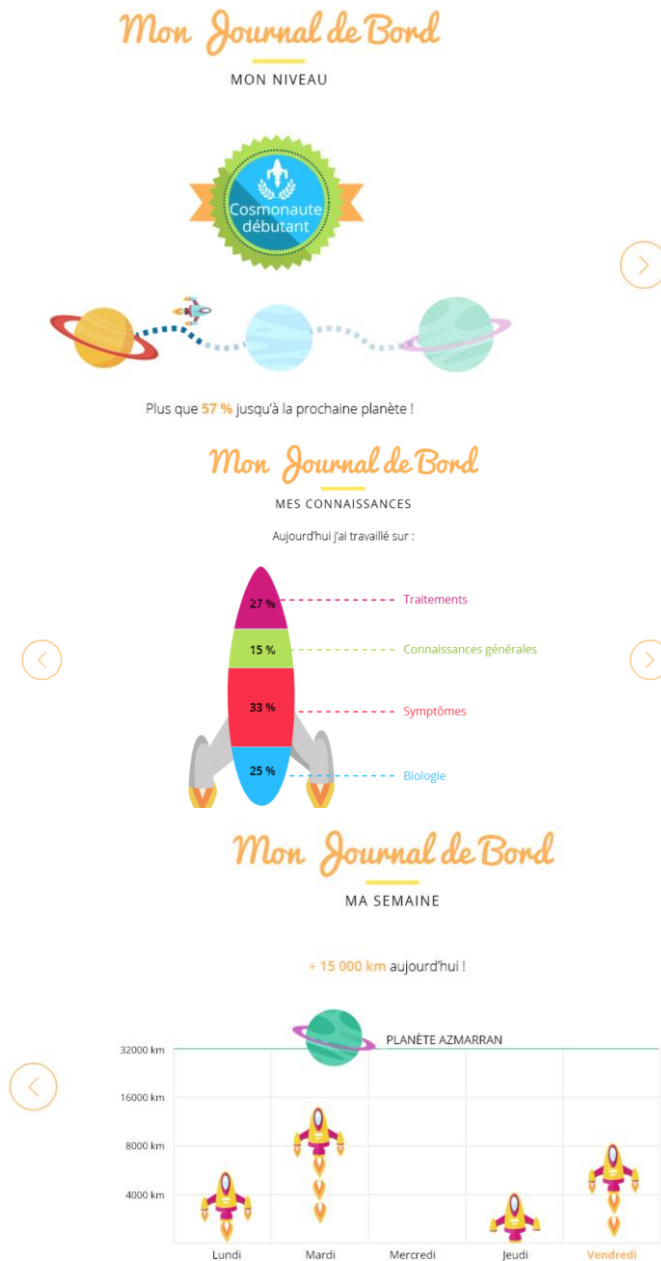


Ecran 12 : question type QCM

#### d. La page « Mon Journal de Bord »

Cette page restitue les activités que l'enfant a effectuées, du moment où il s'est connecté jusqu'à présent. Un portail pour les parents sera affiché dans une version ultérieure. Dans la V0 il s'agit de reporter ce qui est intéressant pour que l'enfant voie sa progression. Trois espaces ont été définis :

- Espace « **Mon niveau** » : consiste à présenter la progression d'apprentissage de l'enfant. Sur les trois planètes présentes, une planète remplie correspond à 1/3 des activités effectuées et réussies : la planète se colorie en fonction des bonnes réponses données sur le total des activités développées. Etant dépendant du nombre d'activités développées, le pourcentage de progression pour chaque activité sera déterminé ultérieurement. Le pourcentage à atteindre jusqu'au prochain niveau doit également être affiché (cf. écran 13a).
- Espace « **Mes connaissances** » : donne les thématiques du jour sur lesquelles l'enfant a travaillé, sans distinction entre les activités et en se basant sur les unités de connaissance à acquérir qui ont été préalablement définies. L'illustration se présente sous la forme d'une fusée qui se colorie par thématiques effectuées le jour-même. Par exemple, si l'enfant a fait 2 quiz sur « Mon corps » et un jeu de « P'tits trucs pour moi », la fusée sera coloriée aux 2/3 de la même couleur que la thématique « Mon corps », et 1/3 de la même couleur que la thématique « P'tits trucs pour moi » (cf. écran 13b).
- Espace « **Ma semaine** » : affichage du temps passé dans le système, toute rubrique confondue, entre le moment où l'enfant s'est connecté et le moment où il va sur cet espace. Le graphe représente une fusée avec une trainée de fumée pour chaque jour, où la distance en millier de kilomètres correspond aux minutes passées sur le site. L'enfant aura également la possibilité de remonter jusqu'au jour où il s'est inscrit et où il a commencé les activités, en cliquant et en remontant la date (cf. écran 13c).



*Ecrans 13a, 13b, 13c : page « Mon journal de Bord » - parties respectives « Mon niveau », « Mes connaissances » et « Ma semaine »*

- Espace **administrateur** : il ne sera pas visible du côté de l'utilisateur mais uniquement en back-office pour l'administrateur, afin d'analyser les données. L'administrateur dispose des informations suivantes :
  - o Le temps passé sur chaque vidéo quand il les lance (à partir de « Play »), et s'il l'a vue jusqu'au bout ;
  - o Le taux de bonne réponse pour chaque quiz ;
  - o Le temps de connexion par jour.

## e. La page « Je découvre la Galaxie »

Cette page répertorie des vidéos d'animation courtes concernant les questions que les enfants pourraient se poser et sur les fausses croyances qu'ils pourraient avoir. Elles peuvent également traiter de situations de la vie quotidienne que l'enfant peut rencontrer comme les voyages scolaires, le sport etc. Volontairement ludiques, elles ne demandent aucune interaction et l'enfant peut y accéder quand il le souhaite, en cliquant sur l'onglet « Je découvre la Galaxie ». Cette partie est destinée à ceux (enfants voire parents) qui souhaiteraient en savoir plus sur la maladie. Les vidéos se présentent de deux façons :

- « 1 jour 1 idée » : questions posées par des enfants fictifs sur des situations de la vie quotidienne, et réponses apportées avec des conseils ;
- « La savais-tu ? » : fausses croyances et réalité.

Chaque composante possède des sous-parties, dans le cas où l'enfant souhaite en savoir plus sur un domaine particulier. Chacune peut se dérouler lorsque l'enfant clique dessus, et fait apparaître les vidéos associées avec des titres correspondants.



*Écran 14 : page « Je découvre la Galaxie »*

## f. La page « Mon profil »

Cette page présente les informations saisies lors de l'inscription de l'enfant (voir a.ii.) :

- Surnom ;
- Date de naissance ;
- Condition d'utilisation ;
- Mail du parent qui a été préalablement inscrit ;
- Mot de passe qui a été préalablement inscrit ;
- Alien sélectionné comme avatar.

Tous ces champs ont la possibilité d'être modifiés en cliquant sur une icône « crayon ».

L'ensemble des champs devra respecter les critères de saisie et de vérification, définis pour l'inscription de l'enfant (voir a.ii). Les mêmes messages d'erreur seront utilisés que précédemment.

Une fois les informations modifiées, l'enfant pourra valider les modifications en cliquant sur le bouton « Enregistrer ».





*Écran 15 : page « Mon Profil »*

## 5. Fonctionnalités V1.2

La troisième version développée pour KidBreath, appelée V1.2, sera constituée :

- D'une amélioration de la conception responsive web Design, suite aux différents artefacts relevés lors des tests de la V1.1 dans les activités mais aussi celles qui avaient été prévues dans le précédent cahier des charges ;
- De l'intégration d'un module Python pour l'intégration de l'algorithme d'apprentissage ;
- D'un unique accès pour l'intégration des activités de Jeux dans « Mon voyage » qui seront sous Construct2 (nouvelle technologie de développement), en refaisant celles conçues sous Phaser.io en V0.

### a. Page d'accueil

La page d'accueil de KidBreath V1 est constituée des mêmes éléments que dans la V0 (partie informative, connexion / inscription, footer). Des éléments d'animation sont prévus pour dynamiser ce qui est le premier visuel du site.



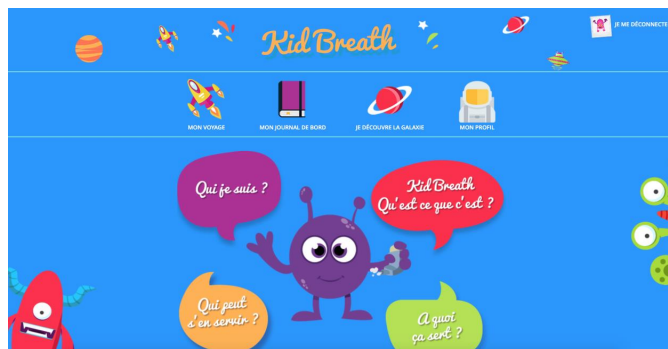
*Écran 16 : page d'accueil pré-connexion*



## i. Connexion

En cliquant sur le bouton « Je me connecte », la pop-in permettant de se connecter est la même que dans KidBreath V0, où on demande rentrer les mêmes informations et avec les mêmes cas de figure en cas d'oubli d'identifiants.

Lorsque les identifiants de connexion sont corrects : dans la version actuelle, le compagnon de route qui énonçait les éléments d'information générale sur KidBreath pré-connexion répétait ce qu'on trouvait sur la première page d'accueil en post-connexion (écran 17).



*Ecran 17 : page d'accueil post-connexion V1.1*

Pour éviter ce doublon et en fonction des maquettes graphiques conçues lors du hackathon, une amélioration ergonomique sera réalisée (maquette graphique 2) : après avoir cliqué sur « Je me connecte » l'enfant arrivera sur une page d'accueil où seuls les quatre onglets sont affichés. Il faudra également rajouter la possibilité de se déconnecter.



*Maquette graphique 2 : page d'accueil post-connexion V1.2*

### Résumé

**Attendu : page d'accueil post-connexion plus ergonomique**

**Réalisé : implémentation CSS**

## ii. Inscription

La page d'inscription n'est accessible que depuis le bouton « Je m'inscris » situé sur la page d'accueil ante-connexion.

Différemment à la version précédente, le formulaire d'inscription va se distinguer en deux blocs :

- Un bloc « Qui je suis », reprenant les mêmes champs que dans la V0. Seul sera supprimé le champ « Ma partie », étant donné que la prochaine étude ne portera plus sur les conditions choix / non-choix. En cas d'erreur de remplissage des champs, les cas de

figure pour y pallier sont identiques à ceux de KidBreath V0 (mêmes conditions et messages d'erreur). La validation n'est effective qu'une fois tous les champs renseignés correctement : le bloc « Qui je suis » se réduit alors façon accordéon, pour laisser place au bloc « Mon asthme » ;

- *Un bloc « Mon asthme » détaillé ci-dessous.* Cette deuxième partie du formulaire d'inscription se focalise sur l'asthme de l'enfant, notamment concernant le dispositif de traitement à prendre. Un bandeau déroulant apparaît avec le champs « Traitements » apparaît alors, où l'enfant doit cliquer sur les dispositifs qu'il prend (maquette graphique 3) : les dispositifs se présentent sous la forme de dessins qui reprennent la forme des différents types de traitement existant (traitements de fond, traitements de crise, traitements alliant les deux). Les éléments sélectionnés pourront être désélectionnés en cliquant à nouveau dessus.



*Maquette Graphique 3 : formulaire d'inscription - bloc « Mon Asthme »*

Au clic sur le bouton « Enregistrer », le bloc « Mon Asthme » se réduit et l'enfant est redirigé vers la page d'accueil, avec l'accès aux différents onglets et la possibilité de se déconnecter. Cette fonctionnalité sera développée dans la version ultérieure.

### Résumé

**Attendu : formulaire complet d'inscription ;**

**Réalisé : bloc « Qui je suis » ;**

**Reste à faire : bloc « Mon asthme » (version ultérieure).**

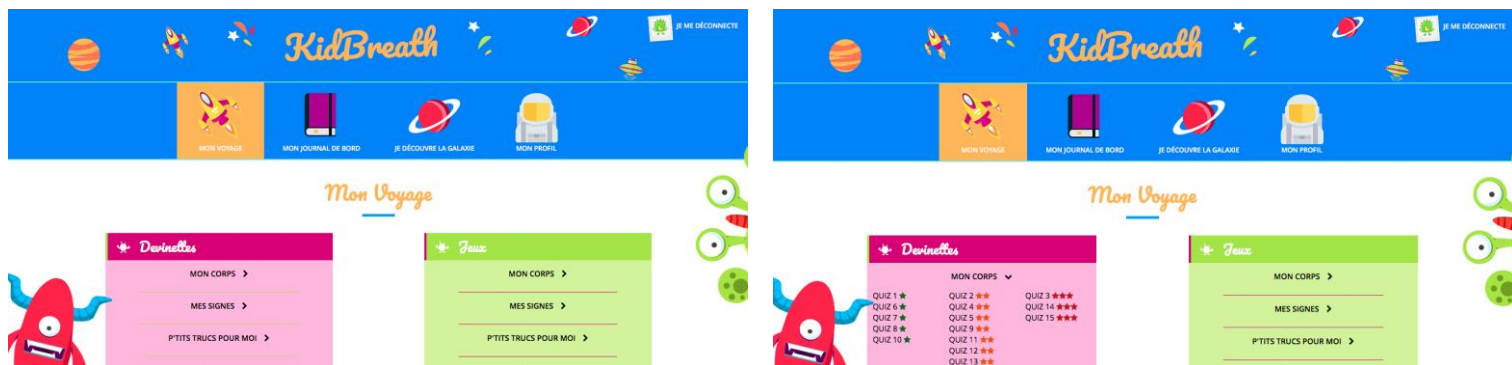
## b. La page « Mon Voyage »

### i. Améliorations de l'interface

Cette rubrique sera accessible et disposée de la même façon que dans la version précédente, en attendant l'intégration de l'algorithme (où les différentes activités se présenteront en fonction de la réponse de l'enfant).

Suite aux différents tests de la version précédente (V1.1), des améliorations ergonomiques de l'interface doivent être mises en œuvre, notamment :

- Mettre les titres en minuscule plutôt qu'en majuscule ;
- Résoudre le problème de Responsive : en arrivant sur cette page l'ensemble des sous parties n'est pas affiché, l'enfant doit penser à scroller pour voir toutes les thématiques (écran 18a). Ce problème s'amplifie lorsqu'il clique sur une des thématiques, déroulant le menu associé et cachant davantage les parties inférieures (écran 18b).



Ecran 18a (gauche) et 18b (droite) : page « Mon Voyage » V1.1, avant et après avoir cliqué sur le thème « Mon corps ».

## ii. Améliorations ergonomiques des activités V1.1

L'étude réalisée pendant 1 mois dans deux classes de CE2 a rapporté de nombreux artefacts concernant l'utilisabilité du système, notamment dans les activités d'apprentissage tels que les jeux ou les devinettes. La liste ci-dessous reprend lesdits artefacts relevés qui ont été mis sous forme de recommandation d'améliorations ergonomiques :

### - Partie « Devinettes » :

- Responsive : doit tenir dans chaque taille d'écran
  - Problèmes de scroll pour trouver le bouton « Continuer » : grandes difficultés relevées ;
  - Quiz cat.1 n°6 à 10 : image des bronches intégrées en deuxième session, mais texte où la question est affichée est beaucoup trop bas : problèmes de scroll ;
- Dans la phase de correction : mettre en valeur les mots correspondant aux réponses attendues (cf. scénarios dans BDD) ;
- Assouplir les critères de fautes d'orthographe au lieu de compter faux, exemples :
  - « Male » au lieu de « mal » a été compté faux ;
  - Quiz cat.4 N°4 : quand rentre « une » au lieu de « un », compte faux, idem pour « deux » ;
  - Réponse « allergiS » a été compté faux ;
  - Enfants mettent souvent un article défini avant le mot attendu : « un » rhume, « l' » asthme : par conséquent le système les compte faux ;
- Modification des questions (mise à jour du doublage à faire) :
  - La question quiz 1 cat.2 ;
  - La question quiz 3 cat.2 ;
- Dans les quiz : rajouter un bouton « Ne sais pas » avec un comportement associé (cf. point précédent) : ne pas compter la réponse comme fausse (« pas tout à fait ! ») car cela frustre, mais mettre plutôt « ce n'est pas grave ! »
- Dans les QCM : compter comme juste une seule réponse attendue, car sinon trop difficile et frustre ;
- Besoin de cliquer dans le champs texte pour rentrer une réponse : le mettre automatiquement actif ;

- Les enfants ont souvent demandé de rejouer le son où Zorclub énonce la question : mettre un petit bouton à côté du personnage pour rejouer le son et le faire reparler, idem pour correction (icône « play » sous Zorclub) ;
  - Mettre plus gros les boutons de QCM (du mal à cocher) ;
  - Ajouter le son aux quiz et aux QCM cat.3 n°28 ;
  - Internet Explorer : le son de Zorclub tourne en boucle.
- **Partie « Jeux »**
- Mettre en responsive : problème de scroll (grandes difficultés relevées dans tous les jeux) ;
  - Mettre « j'ai terminé » plutôt que « je valide », car beaucoup ont cliqué dessus quand ils avaient effectué une première action sans avoir fini ;
  - Ne comprennent pas qu'il faut cliquer sur la flèche clignotante pour dérouler le texte : faire un bouton « Afficher la suite ».
- Mots croisés (MC) et mots mêlés (MM) V0. Vérifier si ceux développés sous construct2 ne possèdent même pas les mêmes soucis d'utilisabilité :
- MM cat. 1 :
    - Indices pas fonctionnels et « alvéoles » non sélectionnable ;
    - Comme déjà soulevé : problème en surlignant « air » qui correspond au mot « glaire » : pour la V1 ne pas accepter cette ambiguïté ;
  - Préciser qu'il faut garder la sélection de la première à la dernière lettre le mot trouvé pour tous les MM ;
  - Mettre plus de lettres pour MC car longs à faire ;
  - Les enfants passent de temps à lire définition dans les MC : mettre un bouton audio à côté pour l'écouter, et chiffres indicés à mettre en plus gros que la V0.
- Dr. Asthmatique.
- Faire une démonstration quand zorclub énonce ce qu'il faut faire car pas très clair pour eux ;
  - Les enfants ne savent pas trop où mettre les carrés exactement : comme pour « range ta chambre », mettre des carrés blancs en pointillé où les légendes rentreraient exactement et un bouton indice (halo sur le mot + trait associé) ;
  - Résoudre les bugs où certaines cases vont se placer contre les lignes, et d'autres vont se placer avec un espace entre les deux (enfants perdent du temps à essayer de les coller à la ligne) ;
  - Zoom à faire sur le buste car trop d'ambiguïté : élargir les traits entre chaque item ;
  - Glaire pas du tout illustré : pas très compréhensible initialement, mettre en avant cet item (goutte jaune).
- A la recherche des signes perdus. Fautes d'orthographe à corriger :
- « clique sur les symptômes ... provoquéS par l'asthme » ;
  - « à cause des muscles ... qui laisseNT passer moins d'air ».
- Acariens à l'extérieur. Rendre plus visible les éléments cliquables (ne voient pas la main qui changent de contour). Exemple : faire bouger les éléments quand passe dessus + changer de couleur la main.

- Range ta chambre. Pas utilisable sur tablette : temps de décalage trop important entre le moment où on touche l'élément à déplacer et celui où il bouge réellement.

### iii. Génération Automatique de Quiz et QCM

Afin d'automatiser l'intégration des activités type Quiz et QCM sans avoir à développer la question dans son intégralité, il est apparu nécessaire de développer un moteur qui générera automatiquement les Quiz et QCM étant donné que le process d'affichage est le même pour tout type de question (pour plus de détail, voir la base de données).

Suivant les artefacts relevés ci-dessus, un assouplissement des critères orthographiques est nécessaire pour éviter la frustration des enfants, car actuellement la moindre faute de frappe compte la réponse fournie comme incorrecte. Afin que l'administrateur puisse avoir le contrôle dans la création des quiz et QCM, il faudra également jouter la possibilité d'importer des illustrations en correction et les sources audio pour les questions et les corrections.

#### Résumé

**Attendu :** page « Mon Voyage » terminée et développement de trois conditions d'interaction : A - choix (interface actuelle) ; B - Non choix (affichage guidé selon une séquence prédéfinie) ; C - affichage personnalisé (avec intégration du script python, où les activités vont se présenter selon les réponses fournies par l'enfant précédemment).

**Réalisé :** implémentation des contenus et des conditions, et prise en compte de certains artefacts.

**Reste à faire :** amélioration de l'existant suivant les artefacts relevés ci-dessus.

### c. La page « Je découvre la galaxie »

Cette rubrique, composée de différentes vidéos d'animation traitant de plusieurs sujets autour de la gestion de l'asthme au quotidien, sera accessible et disposée de la même façon que dans la version précédente (écran 19). Dans cette page, nous avons été confrontés au même souci de scroll qui empêche les enfants de voir les autres titres des vidéos, tout comme les thématiques de « Mon Voyage ». Il est donc primordial que l'enfant ait connaissance de l'ensemble des activités qu'il peut réaliser, en mettant un système qui permette d'éviter le scroll (responsive), mettre avant l'action de scroll (bouton d'une flèche vers le bas indiquant qu'il y a une suite par exemple) ou même quand on ouvre un autre titre, cela doit refermer automatiquement le précédent déroulé.



*Ecran 19 : page « Je découvre la galaxie » où l'enfant doit scroller pour avoir connaissance de l'ensemble des vidéos qu'il peut visionner.*

Suite à l'étude d'utilisabilité réalisée précédemment, quelques améliorations ergonomiques sur cette page devront également être prises en compte suivant les artefacts relevés dans les tests :

- Lancement d'une vidéo via la touche « espace » et clic sur l'écran (comme Youtube) car il y a des difficultés à lancer les vidéos (boutons trop petits) ;
- Vérifier les déroulements des titres des vidéos (flèches à droite) car des bugs ont été rencontrés : la flèche reste pointée vers le bas même si c'est réduit ;
- « Erreurs de lecture » pour certaines vidéos sur Internet Explorer (« médicaments de crise » et « asthme et sifflements » par exemple) ;
- Bouton télécharger : est-ce pertinent ?

### Résumé

**Attendu :** page « Je Découvre la Galaxie » terminée ;

**Réalisé :** page « Je Découvre la Galaxie ».

## d. La page « Mon Journal de Bord »

Les mêmes espaces reprenant ce que l'enfant a fait dans KidBreath en V0 seront présents. Cependant un affichage dynamique et une amélioration ergonomique sont nécessaires, notamment :

- Eviter de scroller pour chaque espace (notamment espace « Ma semaine ») ;
- Afficher automatiquement les avancées que fera l'enfant, au lieu de devoir se déconnecter, puis reconnecter pour visualiser une évolution ;
- Ajouter des éléments dynamiques plutôt que statiques, pour accentuer le côté ludique et de gamification ;
- Espace « Mon niveau » : représenter chaque planète en niveau de difficulté atteint, plutôt qu'en niveau de complétion atteint. Si l'enfant a fait des activités de niveau 1, et des activités de niveau 2, il sera nécessaire de colorier un peu les deux premières planètes. Par contre le coloriage des planètes est dépendant du total des activités du

niveau associé (ex : si l'enfant a fait 5 activités de niveau 1 sur les 15 existantes : la planète devra être coloriée au tiers).

- Espace administrateur : il ne sera pas visible du côté de l'utilisateur mais uniquement en back-office pour l'administrateur, afin d'analyser les données. L'administrateur disposera des informations suivantes (certaines informations sont déjà mises en place dans la V0) :
  - o Le temps passé sur chaque vidéo quand l'enfant les lance (à partir de « Play »), et s'il l'a vue jusqu'au bout ;
  - o Le temps passé sur chaque activité d'apprentissage avant de répondre (individuellement et non plus par groupe de 5) ;
  - o Les réponses enregistrées sur chaque activité d'apprentissage ;
  - o Le temps passé sur chaque onglet ;
  - o Le temps de connexion par jour ;
  - o L'ordre de passation de chaque activité et le nombre d'occurrence (ex : en première activité l'enfant a fait un quiz - « Mon corps », en deuxième il a complété un QCM – « Mes signes », etc.)

### Résumé

**Attendu : page « Mon Journal de Bord » terminée.**

**Réalisé : espace administrateur (en partie).**

**Reste à faire : interface des 3 espaces pour les utilisateurs.**

## e. Conclusion Version 1.2

Ci-dessous un récapitulatif concernant la partie technique pour le développement de la prochaine version, sachant que la prochaine étude évaluant le bon fonctionnement des algorithmes de personnalisation en classe contrôle devra être effectif au plus tard **le 29 mai 2017**. Par conséquent, l'ensemble des livrables répertorié ci-dessous devra être rendu en fonction. Merci de vérifier les parties concernant chaque intervenant, compléter le temps / tarifs, et de modifier si besoin. Le grand besoin à l'heure actuelle et de programmer les quiz et les QCM, une solution serait de les implémenter en Javascript/PHP en se basant sur les supports et les designs qui seraient fournis par Jean, mais une discussion concernant ce choix est nécessaire avec tous les intervenants.

Version	Inter-venant	Rôle	Tarifs	Tarif unité	Temps (j/H)	Livrables
V1.2	Jean Boheme	Amélioration des 4 jeux développés en V1.1			4 j	
		Création des MM et MC			4 j	<b>Livrables</b>
		Fin de création des supports visuels associés aux devinettes (reste 18 questions quiz et qcm)			2 j	<b>Livrables :</b>
		Amélioration du CSS de KidBreath			10 j (?)	<b>Livrables :</b>



	Terminer la charte graphique de KidBreath			15 min	<b>Livrables :</b>
Rudy Rache	<b>POINT 1</b> <b>Amélioration Responsive Web Design</b> - Suite création CSS - Finir Intégration des mini-jeux de Jean sous Construct2		/	Temps estimé : Charge :	<b>Livrables : 08/02/17</b>
	<b>POINT 2</b> - Résoudre artefacts relevés pour l’outil de génération de quiz et QCM en back office		/	Temps estimé : Charges :	<b>Livrables :</b>
	<b>POINT 3</b> Installation / paramétrage du script Python de Benjamin qui nécessite le dvp sur le site	1200 HT	/	Temps estimé : 2 semaines Charge : 24h / Livable :	<b>Livrables :</b>
Alexandra Delmas	Mise en place étude V1.2 - 1/2 semaines dans une classe de CE2 avec algos			40	<b>29 mai 2017</b>
	Doublages devinettes modifiées et MC créés			2j	<b>Livable :</b>
Benjamin Clément	Adaptation de l'algorithme Kidlearn à la plateforme et à la technologie KidBreath avec Alexandra et Rudy				



## 6. Conclusion : fonctionnalités V2 et perspectives

La dernière version développée pour KidBreath, appelée V2, sera constituée :

- D'une amélioration de la conception responsive web Design, suite aux différents artefacts relevés lors de l'étude à domicile des enfants asthmatiques, mais aussi celles qui avaient été prévues dans la précédente partie du cahier des charges et qui n'ont pas été prises en compte ;
- De la correction de bugs de fonctionnement dont la majorité avait été identifiée dans la précédente partie du cahier des charges.

Elle consistera en résumé à rendre utilisable le prototype pour un déploiement et une future mise sur le marché.

### a. Hébergement

Le prototype final, dont la totalité des activités pédagogiques a été implémentée, est actuellement hébergé sur [www.dual-design.com/kidbreath](http://www.dual-design.com/kidbreath) qui est en fait le serveur prévu pour les tests d'utilisation. Le propriétaire inscrit étant Rudy Rache, il est nécessaire de transférer le prototype sur le serveur [www.kidbreath.fr](http://www.kidbreath.fr). Ce serveur est à l'heure actuelle une « coquille vide » composé de quelques activités pédagogiques datant de la première version prototype (V1). Le nom de domaine a été acheté par ItWell mais Rudy Rache est inscrit comme propriétaire, il est nécessaire qu'ItWell devienne l'intégral propriétaire.

### b. Page d'accueil

La page d'accueil de KidBreath a été améliorée dans son interface qui est désormais plus ergonomique, bien que le côté « responsive » ne soit pas pris en compte.



*Écran 20 : page d'accueil pré-connexion V2*

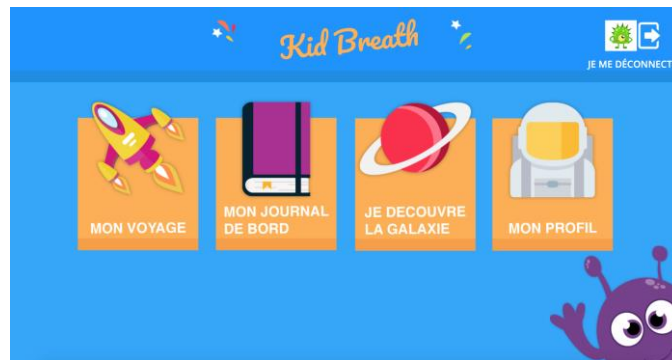
#### Résumé

**Réalisé : amélioration ergonomique.**

**Reste à faire : responsive.**

### i. Connexion

L'amélioration ergonomique de l'interface décrite dans la version précédente a été prise en compte : après avoir cliqué sur « Je me connecte » l'enfant arrive sur une page d'accueil où seuls les quatre onglets sont affichés, avec la possibilité de se déconnecter.



*Écran 21 : page d'accueil post-connexion V2*

## ii. Inscription

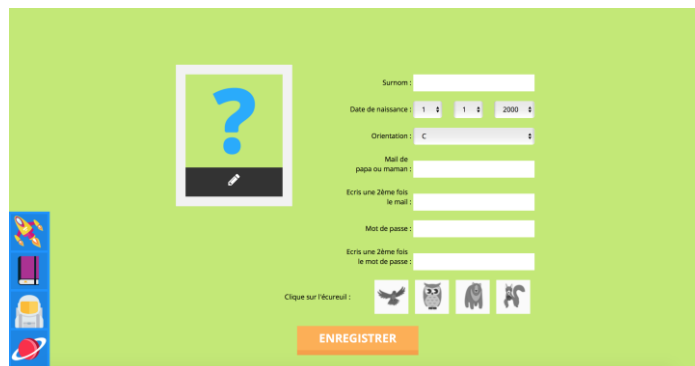
La page d'inscription n'est accessible que depuis le bouton « Je m'inscris » situé sur la page d'accueil pré-connexion, très similaire à la version précédente :

- Le bloc « Qui je suis » a été légèrement amélioré ergonomiquement, bien que le côté « responsive » n'ait pas été pris en compte. Un menu vertical situé sur la gauche de l'écran donne la possibilité d'accéder directement aux différentes parties de l'application. Cependant cette fonction est inutile étant donné que l'utilisateur n'est pas encore inscrit, il est alors redirigé de façon logique sur la page d'accueil pré-connexion. Cette partie devra être supprimée dans la version ultérieure.

Dans le cadre des différents tests utilisateurs, trois versions d'affichage concernant l'onglet « Mon Voyage » ont été implémentées :

- Condition A : l'utilisateur a accès à l'ensemble des activités d'apprentissage (quiz, QCM, jeux) ;
- Condition B : les activités d'apprentissage s'affichent les unes après les autres selon une séquence prédéfinie : l'utilisateur est obligé de compléter l'activité en cours pour pouvoir passer à la suivante ;
- Condition C : l'affichage est identique à la condition B, seulement un algorithme d'optimisation d'apprentissage détermine l'activité la mieux adaptée au niveau d'apprentissage de l'utilisateur, en fonction des réponses données.

Il conviendra à la direction de déterminer quelles sont les conditions qu'il faut garder pour une mise sur le marché.



*Écran 22 : page d'inscription*

- Le bloc « Mon asthme » n'a pas été implémenté dans la version précédente : l'ensemble des fonctionnalités préalablement détaillées doit alors être pris en compte.

Cette deuxième partie du formulaire d'inscription se focalise sur l'asthme de l'enfant, notamment concernant le dispositif de traitement à prendre. Un bandeau déroulant apparaît avec le champs « Traitements », où l'enfant doit cliquer sur les dispositifs qu'il prend (maquette graphique 3) : les dispositifs se présentent sous la forme de dessins qui reprennent la forme des différents types de traitement existants (traitements de fond, traitements de crise, traitements alliant les deux). Les éléments sélectionnés pourront être désélectionnés en cliquant à nouveau dessus.



*Maquette Graphique 3 : formulaire d'inscription - bloc « Mon Asthme »*

Au clic sur le bouton « Enregistrer », le bloc « Mon Asthme » se réduit et l'enfant est redirigé vers la page d'accueil, avec l'accès aux différents onglets et la possibilité de se déconnecter.

### **Résumé**

**Attendu : formulaire complet d'inscription.**

**Réalisé : bloc « Qui je suis » : amélioration ergonomique.**

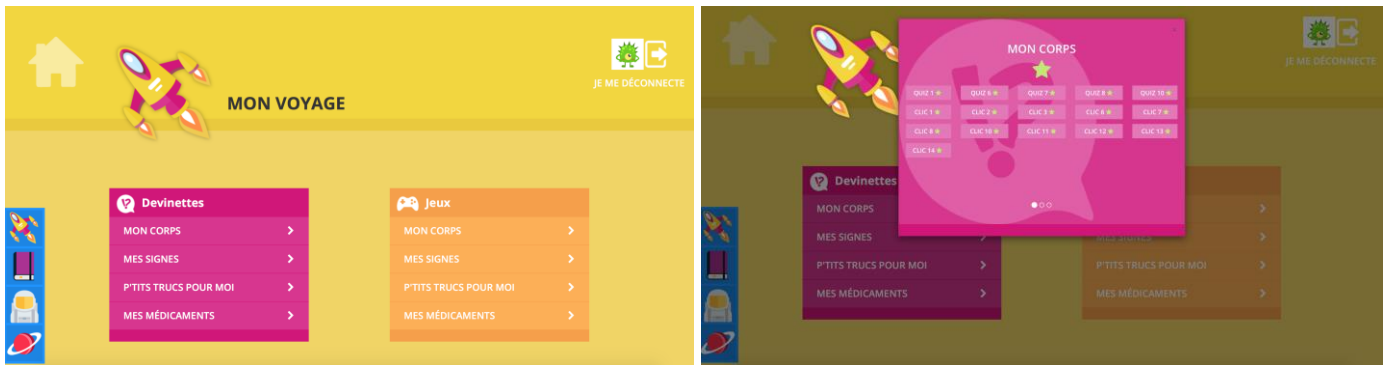
**Reste à faire :**

- **Responsive.**
- **Bloc « Qui je suis » : enlever les conditions de jeu non pertinentes et le menu vertical.**
- **Bloc « Mon asthme ».**

## **c. La page « Mon Voyage »**

### **i. Interface**

L'amélioration ergonomique de l'interface a bien été prise en compte dans la précédente partie du cahier des charges, dans la condition où l'utilisateur a accès à toutes les activités d'apprentissage. Cependant, le côté « responsive » n'est pas optimal où sur tablette et smartphone l'utilisateur doit quand même scroller. De plus, quand on clique sur une thématique, il est difficile de cliquer sur le bouton qui permet de faire défiler les niveaux de difficulté.



Ecran 23a (gauche) et 23b (droite) : page « Mon Voyage », avant et après avoir cliqué sur le thème « Mon corps »

## ii. Activités d'apprentissage

L'étude réalisée pendant un mois dans deux classes de CE2 ainsi que celle effectuée sur deux mois dans les foyers des enfants asthmatiques a rapporté de nombreux artefacts concernant l'utilisabilité du système, notamment dans les activités d'apprentissage tels que les jeux ou les devinettes. La liste ci-dessous reprend lesdits artefacts relevés qui ont été mis sous forme de recommandation d'améliorations ergonomiques :

### - *Partie « Devinettes »*

- Son inactif sur Safari : doit être fonctionnel pour tous les navigateurs.
- Responsive - amélioration responsive mais pas optimale : doit tenir dans chaque taille d'écran.
- Problèmes de scroll sur smartphone : grandes difficultés relevées ;
- Dans la phase de correction : mettre en valeur les mots correspondant aux réponses attendues (cf. scénarios dans BDD).
- Assouplir les critères de fautes d'orthographe au lieu de les compter faux. Actuellement, si le mot rentré ne correspond pas à la liste des mots acceptés en back office, le système les compte comme faux. Ce type de fonctionnement n'est pas du tout adapté à des enfants car le système compte systématiquement comme incorrect les réponses même si elles sont correctes mais mal orthographiées. Les enfants ont alors manifesté des comportements de frustration et d'abandon lors des tests utilisateurs.
- Dans les quiz : rajouter un bouton « Ne sais pas », avec un comportement associé différent d'une réponse comptée comme fausse (i.e. « pas tout à fait ! ») car cela frustre : mettre plutôt « ce n'est pas grave ! ».
- Besoin de cliquer dans le champs texte pour rentrer une réponse, pas évident sur écran digital : le mettre automatiquement actif.
- Bouton « replay » pour rejouer les énoncés et les corrections du personnage : actif seulement pour les questions (sauf sur Safari) mais pas pour les corrections.
- Agrandir les réponses possibles dans à cocher dans les QCM (difficulté à cocher).

### - *Partie « Jeux » : développés sous construct2 (iFrames importés)*

- Mettre en responsive car problème de scroll (grandes difficultés relevées dans tous les jeux), notamment sur tablette et encore plus sur smartphone (illisible).
- Difficiles à utiliser car comme ils sont importés, il y a un décalage entre le moment où l'utilisateur sélectionne l'action à faire (notamment déplacer un

objet/le curseur) et le moment où l'action se fait. Pour des enfants cela rend l'activité difficile à réaliser et entraîne de la frustration.

- Orthographe et ponctuation à corriger.

### iii. Génération Automatique de Quiz et QCM

Afin d'automatiser l'intégration des activités type Quiz et QCM sans avoir à développer la question dans son intégralité, il est apparu nécessaire de développer un moteur qui générera automatiquement les Quiz et QCM étant donné que le processus d'affichage est le même pour tout type de question (pour plus de détail, voir la base de données).

Suivant les artefacts relevés ci-dessus, un assouplissement des critères orthographiques est nécessaire pour éviter la frustration des enfants, car actuellement la moindre faute de frappe compte la réponse fournie comme incorrecte. Un assouplissement des réponses pour les QCM doit être pris en compte également, où il faut compter juste une seule réponse parmi celles correctes qui sont proposées, au lieu de compter juste l'intégralité des réponses attendues.

Afin que l'administrateur puisse avoir le contrôle dans la création des quiz et QCM, il faudra également jouter la possibilité d'importer des illustrations en correction et les sources audio pour les questions et les corrections.

Cette fonctionnalité donne également la possibilité de récupérer les logs de connexion des utilisateurs, où l'administrateur peut avoir accès aux dates et aux activités effectuées. Nécessaire dans le cadre du projet de recherche, elle devra être supprimée pour une mise sur le marché.

Enfin, cette fonctionnalité en Backoffice est hébergée sur dual-design.com/adminkb. Il faudra alors bien faire attention à récupérer cette partie pour la transférer sur le serveur kidbreath.fr et en récupérer la propriété.

### Résumé

**Réalisé : amélioration ergonomique de l'interface et prise en compte de certains artefacts.**

**Reste à faire :**

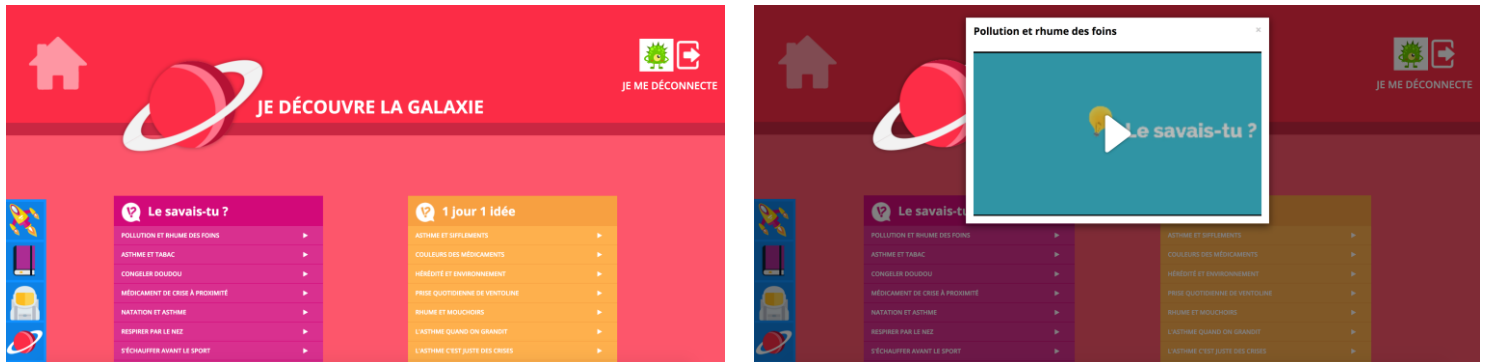
- **Responsive au niveau interface et activités (surtout jeux).**
- **Amélioration ergonomique de l'interface à optimiser : scroll, défilement des niveaux de difficulté.**
- **Activités :**
  - **Responsive.**
  - **Corriger les artefacts relevés (sons, orthographe, ...) mais surtout assouplir les paramètres d'entrée des réponses dans les Quiz et les QCM.**
  - **Problème de décalage dû à l'iFrame.**
  - **Backoffice : récupérer la propriété, supprimer le recueil des données, optimiser l'interface (ajout des fonctionnalités audio et illustration) et assouplir les fonctionnalités dans la création des quiz et QCM.**

### d. La page « Je découvre la galaxie »

Cette page a été améliorée ergonomiquement, mais le côté « responsive » n'a pas été pris en compte : en effet sur ordinateur, l'utilisateur doit quand même scroller pour pouvoir

visionner l'ensemble des thématiques traitées. Or le public visé étant des enfants, la plupart ne se rend pas compte qu'il y a une suite à cette liste, par conséquent ils n'y ont pas accès.

Il est primordial que l'enfant ait connaissance de l'ensemble des activités qu'il peut réaliser, en mettant un système qui permette d'éviter le scroll (responsive), mettre avant l'action de scroll (bouton d'une flèche vers le bas indiquant qu'il y a une suite par exemple) ou même quand on ouvre un autre titre, cela doit refermer automatiquement le précédent déroulé.



*Ecran 24a (gauche) et 24b (droite) : page « Je découvre la galaxie », avant et après avoir cliqué sur une vidéo*

### Résumé

**Réalisé :** amélioration graphique et ergonomique de l'interface et artefacts précédemment relevés.

**Reste à faire :** optimiser le responsive.

### e. La page « Mon Journal de Bord »

Cette partie n'ayant pas encore été déployée, les mêmes espaces détaillés dans la première partie du cahier des charges seront demandés. En considérant les avis des futurs utilisateurs, un affichage dynamique et une amélioration ergonomique des maquettes graphiques créées en V0 seront nécessaires, notamment :

- Eviter de scroller pour chaque espace (notamment espace « Ma semaine ») ;
- Afficher automatiquement les avancées que fera l'enfant, au lieu de devoir se déconnecter, puis reconnecter pour visualiser une évolution ;
- Ajouter des éléments dynamiques plutôt que statiques, pour accentuer le côté ludique et de gamification ;
- Espace « Mon niveau » : représenter chaque planète en niveau de difficulté atteint plutôt qu'en niveau de complétion atteint. Si l'enfant a fait des activités de niveau 1, et des activités de niveau 2, il sera nécessaire de colorier un peu les deux premières planètes. Par contre le coloriage des planètes est dépendant du total des activités du niveau associé (ex : si l'enfant a fait 5 activités de niveau 1 sur les 15 existantes : la planète devra être coloriée au tiers).
- Espace administrateur : situé sur la page composée de la génération automatique des Quiz et QCM (voir c.iii), il ne sera pas visible du côté de l'utilisateur mais uniquement en back-office pour l'administrateur, afin d'analyser les données dans le cadre du projet de recherche. Il conviendra à la direction de déterminer si les données doivent être récupérées ou si cette partie doit être supprimée. L'administrateur dispose à l'heure actuelle des données suivantes, où pour chaque ligne il a accès aux informations suivantes :



- Partie utilisateurs : données rentrées par l'utilisateur lors de son inscription (surnom, mot de passe, mail du parent, date de naissance).
- Pour la partie Mon Voyage : surnom, date de début et de fin de chaque activité d'apprentissage effectuée (Quiz, QCM et jeux) avec le temps passé dessus ;
- Pour la partie « Je découvre la galaxie » : surnom, date de début et date de fin de chaque vidéo visionnée en précisant si elle a été visionnée jusqu'au bout ;
- Les réponses enregistrées sur chaque activité d'apprentissage ;  
Si cette partie est gardée, il sera nécessaire d'améliorer le côté « responsive » de l'interface, avec des améliorations ergonomiques :
- Expliciter le temps passé sur chaque vidéo et le pourcentage de visionnage de ladite vidéo ;
- Mettre les durées en secondes, et non en format h/min/s car les calculs sont plus compliqués à effectuer lors du téléchargement du fichier CSV ;
- Mettre le temps global de connexion par session, en plus du détail pour chaque activité.

### Résumé

**Réalisé : espace administrateur avec données des connexions et des activités réalisées.**

**Reste à faire : améliorer la visibilité de l'interface car certaines fonctions ne sont pas très lisibles.**

## f. Perspectives V2

Cette dernière version doit finaliser le développement de cette application web, pour une future mise sur le marché. Pour cela, une amélioration responsive est nécessaire pour la rendre utilisable notamment sur des supports digitaux, et certains artefacts doivent être corrigés.

Ce cahier des charges est mis en place dans le cadre d'un développement web, bien que d'autres options peuvent également faciliter le dynamisme de l'application et éviter certains bugs qui pourraient survenir dans le cadre d'une application web (par exemple en natif). Dans le cadre de l'élaboration d'un dossier de financement participatif, un profil des compétences exigées pour un tel développement a été créé, où trois orientations de développement peuvent être réalisées :

### a) Rester en application web

Dans ce cas, seule l'interface client est à remanier (développement de « Mon Journal de Bord », amélioration du responsive, orthographe ...).

#### Compétences requises :

- Développement web Frontend ;
- Avec une expérience dans React / Angular / Autre (framework JS).

Temps estimé : 2/3 mois.

Inconvénient : les jeux sont des iFrames, ils ne pourront pas être remodulés.

### b) Créer une application en local

Cette option se compose d'un lien à télécharger. Pour chaque mise à jour de contenu (quiz ou QCM à rajouter), une notification informant qu'il faut retélécharger l'application sera fournie

#### Compétences requises :

- Gestion de release / App stores ;
- Développement JS Fullstack ;

- Avec une expérience en React-native / Ionic / Autre ;
  - Bases de données ;
  - Algorithmie.
- Temps estimé : 3/4 mois.  
Inconvénient : nécessite une refonte des codes PHP et Python existants.

**c) Développer un vrai jeu en tant que tel**

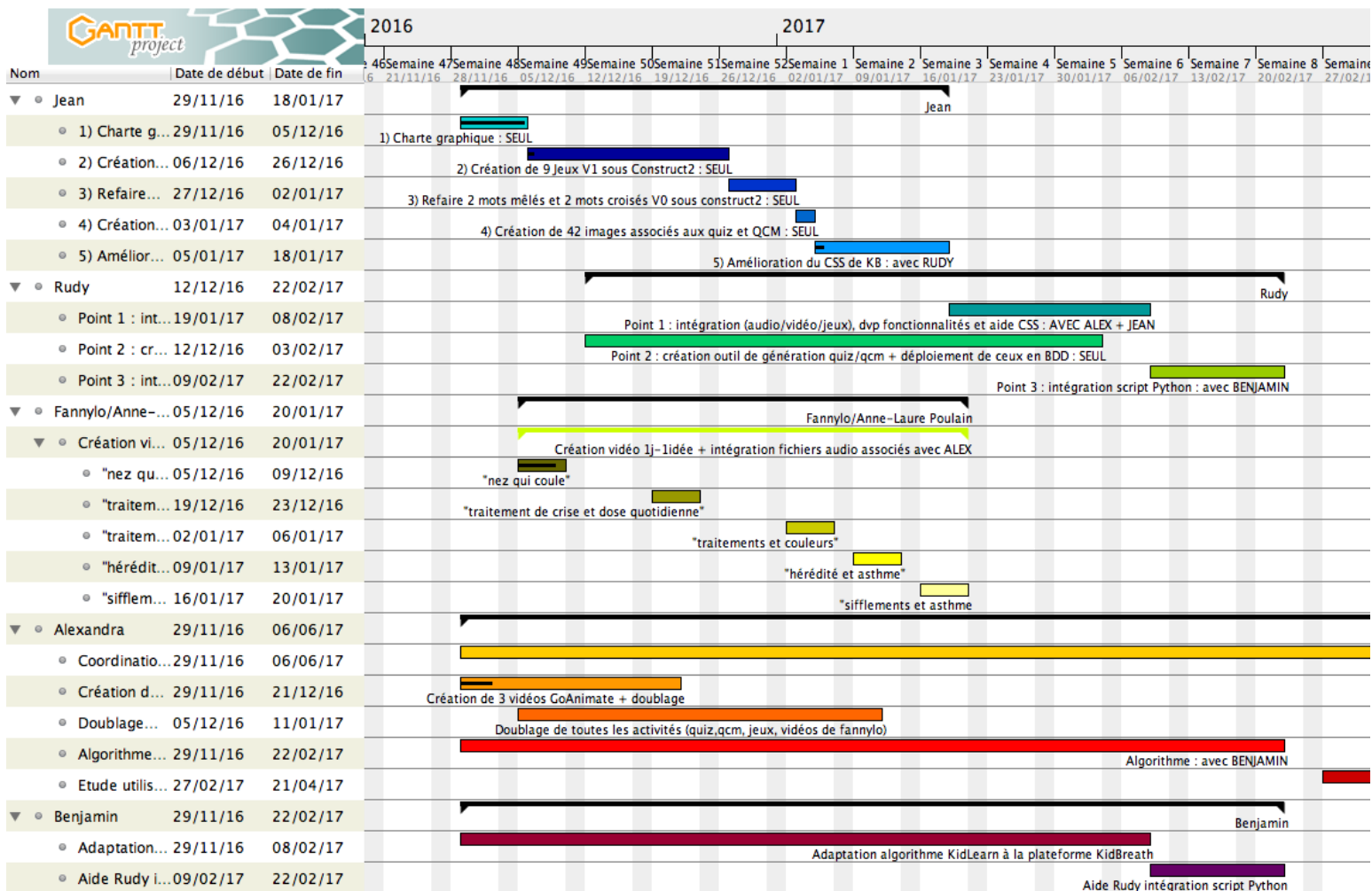
Cette option devra être utilisée en local. Elle nécessite un game development :

- Développement sous Unity (C#) ;
  - Gestion de release / App stores ;
  - Algorithmie.
- Temps estimé : 3/4 mois.  
Inconvénient : nécessite une refonte des codes PHP et Python existants.

Il conviendra à la direction de décider quelle orientation sera choisie.

**g. Diagrammes de Gant**

Retroplanning du 8 décembre 2016 reprenant les livrables des différents prestataires pour le développement de la V1 :





# h. Base de données des contenus pédagogiques à implémenter version V1

Cette base de donnée décrit l'ensemble des activités pédagogiques définies pour le développement version V1.1 du système (8 mars 2017).

Version	Thème	Type d'activité	Score	ID	Diff.	question / énoncé	Élément d'information	Illustration	Réponses								
									1	2	3	4	5	6	7	8	
V0	Partie Biomédical	Quiz	Juste +2 // faux : 0	1	1	Dis-moi, sais-tu quelle partie du corps est touchée par l'asthme ?	C'est une maladie des poumons, des bronches en fait pour être plus précis ! Elles sont en forme de tuyau et sont tout le temps irritées.	GIF des poumons (voit buste humain), qui zoome sur les bronches qui sont rouges	Poumons	Bronches							
V0			Juste +2 // faux : 0	2	2	Dis-moi, si tes bronches sont toujours irritées, elles sont de quelle couleur ?	Tes bronches sont des petits tuyaux qui amènent l'air dans les poumons. Comme elles sont tout le temps irritées, les parois sont rouges. C'est comme quand tu te fais piéquer par un moustique : tu as une trace rouge qui gratte tout le temps n'est-ce pas ? Et plus tu grattes plus c'est rouge et enflé ! Ici c'est pareil, sauf que tu ne peux pas gratter du coup tu tousses, et plus tu tousses et plus la bronche est rouge et enflée !	GIF des poumons (voit buste humain), qui zoome sur les bronches qui sont rouges	Rouge								
V0			Juste +2 // faux : 0	3	3	Dis, sais-tu comment s'appelle ce qu'il y a au bout des bronches ?	Au bout des bronches - tu sais les petits tuyaux qui amènent l'air dans les poumons ? - il y a des <b>alvéoles</b> , qui ressemblent à des <b>grappes de raisin</b> comme tu peux le voir !	GIF des poumons (voit buste humain), qui zoome sur les bronches, qui zoome sur les alvéoles	Alvéoles								
V0			Juste +2 // faux : 0	4	2	Voyons ... Tu sais quel est le gaz qui entre dans ton nez quand tu respirez ?	Le dioxygène, ou O2, est le gaz que tu respireras pour faire rentrer l'air dans ton nez. Il passe ensuite dans les bronches. Comme tu le vois c'est des flèches bleues C'est lui qui permet de faire fonctionner ton corps.	GIF d'un buste humain avec poumons, bronches et alvéoles. Animation du chemin parcouru de l'air (flèches rouges) jusqu'aux alvéoles.	Dioxygène	O2							
V0			Juste +2 // faux : 0	5	2	Voyons ... Tu sais quel est le gaz qui sort de ton nez quand tu respirez ?	Le gaz carbonique c'est le dioxyde de carbone, ou CO2. C'est le gaz que ton corps fabrique naturellement, c'est les déchets en fait ! Ce gaz-déchets doit donc faire le chemin inverse pour ensuite être rejeté, tu le vois il sort par les flèches rouges !	le GIF d'un buste humain avec poumons, bronches et alvéoles. Animation du CO2 rejeté (flèches bleues)	Dioxyde de carbone	CO2	gaz carbonique						
V0			Juste +2 // faux : 0	6	1	Voici une des bronches, et une bronche d'un de tes copains qui n'a pas d'asthme. Clique sur la bronche qui correspond à celle de ton copain.	Ton copain qui n'a pas d'asthme a des bronches assez ouvertes pour faire passer l'air dans ses poumons, il peut donc respirer sans aucun effort contrairement à toi.	GIF d'une bronche saine, puis celle d'un asthmatique qui s'irrite avec la paroi qui s'épaissit et rouge. Affichage de paroi sur les zones correspondant pour les 2 images.	*bronche non asthmatique*	*bronche asthmatique ue hors crise*							
V0			Juste +2 // faux : 0	7	1	Voici une des bronches, et une bronche d'un de tes copains qui n'a pas d'asthme. Clique sur la bronche qui correspond à celle que tu as :	Tes bronches ont une irritation chronique, c'est-à-dire qu'elle existe TOUJOURS ! LE TEMPS sans que tu sois forcément gêné tous les jours, mais les parois de tes bronches restent quand même épaissies et irritées par rapport aux bronches de ton copain qui n'a pas d'asthme.	GIF d'une bronche saine, puis celle d'un asthmatique qui s'irrite avec la paroi qui s'épaissit. Affichage de paroi sur les zones correspondants pour les 2 images.	*bronche non asthmatique ue hors crise*	*bronche asthmatique ue*							
V0			Juste +2 // faux : 0	8	1	Voici une des bronches quand tu fais une crise, et une des bronches quand tu n'en fais pas. Clique sur la bronche que tu as pendant une crise ?	Déjà réduit à cause de l'irritation que tu as tout le temps, le tuyau dans ta bronche qui laisse passer l'air est plus petit pendant les crises. C'est à cause des muscles qui entourent la bronche, ils se contractent pendant la crise et serrent fort ta bronche ! Ça s'appelle un <b>bronchospasme</b> .	le GIF d'une bronche déjà enflammée, qui se contracte quand la crise arrive + mucus.	*bronche asthmatique ue hors crise*	*bronche asthmatique ue hors crise*							
V0			Juste +2 // faux : 0	9	2	Voici une des bronches quand tu fais une crise, et une des bronches quand tu n'en fais pas. Clique sur celle qui, d'après toi, produit des glaires ?	Pendant les crises, tes bronches fabriquent un <b>mucus</b> épais, tu sais l'espèce de <b>glaise</b> que tu recraches des fois quand tu tousses, beurk ! C'est ce qui <b>bloque l'air</b> dans tes alvéoles du coup tu as l'impression d'étouffer... C'est comme quand un moustique te pique : plus tu grattes et plus ça rougit et ça enflé, et un petit liquide sort de la piqure n'est-ce pas ? Ici c'est pareil, sauf que la piqure est dans les bronches, du coup au lieu de te gratter tu tousses et le petit liquide qui sort, c'est les glaires que tu recraches !	GIF d'une bronche déjà enflammée, qui se contracte quand la crise arrive + mucus.	*bronche asthmatique ue hors crise*	*bronche asthmatique ue hors crise*							
V0			Juste +2 // faux : 0	10	1	Voici une des bronches avec au bout les alvéoles ! D'après toi, à quel fruit ressemblent des alvéoles ?	Les bronches sont des tuyaux qui permettent d'apporter l'air que tu respireras dans tes poumons. Au bout de ces tuyaux se trouvent des <b>alvéoles</b> , qui ressemblent à des <b>grappes de raisin</b> comme tu peux le voir !	le GIF des poumons (voit buste humain), qui zoome sur les bronches, qui zoome sur les alvéoles.	Raisin								
V1	Haskatho n		Oui + sûr à 4/4 : 2; Oui + sûr 3/4 : 1,75; Oui + sûr à 2/4 : 1,5; Oui + sûr à 1/4 : 1,25; Non + sûr à 4/4 : 0,25; Non + sûr à 3/4 : 0,5; Non + sûr à 2/4 : 0,5; Non + sûr à 1/4 : 0,75	11	2	D'après toi, tu crois que l'asthme ça peut venir de ta famille ?	L'asthme c'est quand tes bronches ont une grosse sensibilité pour plusieurs éléments qui peuvent les agresser, comme les acariens, le pollen, la nourriture, la fumée, le sport etc, mais ils sont différents pour chacun ! On ne sait pas trop encore comment ça s'attrape, mais ce n'est pas contagieux. Il y a une part où c'est quelque chose de ta famille qui en a peut-être eu par exemple. Mais dans tous les cas tu n'y es pour rien ! Même si tu as une crise d'asthme quand tu es énervé ou stressé, dis-toi que ce n'est pas à cause de cela que tu as de l'asthme !	GIF d'une famille avec un membre qui étourne, et d'un enfant qui s'énerve.	Oui, 4/4	Oui, 3/4	Oui, 2/4	Oui, 1/4	Non, 1/4	Non, 2/4	Non, 3/4	Non, 4/4	
V1	Haskatho n		Oui + sûr à 4/4 : 2; Oui + sûr 3/4 : 1,75; Oui + sûr à 2/4 : 1,5; Oui + sûr à 1/4 : 1,25; Non + sûr à 4/4 : 0,25; Non + sûr à 3/4 : 0,5; Non + sûr à 2/4 : 0,5; Non + sûr à 1/4 : 0,75	12	2	D'après toi, tu crois que l'asthme ça peut venir de l'endroit où tu habites ?	L'asthme c'est quand tes bronches ont une grosse sensibilité pour plusieurs éléments qui peuvent les agresser, comme les acariens, le pollen, la nourriture, la fumée, le sport etc, mais ils sont différents pour chacun ! On ne sait pas trop encore comment ça s'attrape, mais ce n'est pas contagieux. Il y a une part où c'est quelque chose de ta famille qui en a peut-être eu par exemple. Mais dans tous les cas tu n'y es pour rien ! Même si tu as une crise d'asthme quand tu es énervé ou stressé, dis-toi que ce n'est pas à cause de cela que tu as de l'asthme !	GIF d'une personne qui étourne dans un champ de fleur et d'un enfant qui s'énerve.	Oui, 4/4	Oui, 3/4	Oui, 2/4	Oui, 1/4	Non, 1/4	Non, 2/4	Non, 3/4	Non, 4/4	
V1	Haskatho n		Juste +2 // faux : 0	13	2	D'après toi, quelle est la maladie du nez qui peut te déclencher un asthme ?	En cas de <b>rhumisme</b> , le tuyau de ta bronche, qui sert à faire passer l'air, se ferme encore plus bouché, ce qui peut entraîner une crise d'asthme. Pour éviter les microbes, lave-toi les mains régulièrement !	GIF d'une bronche déjà enflammée, qui se contracte quand la crise arrive + mucus.	Rhume								
V1	Haskatho n		Juste +2 // faux : 0	14	3	D'après toi, quelle est la maladie des poumons qui peut te déclencher un asthme ?	En cas de <b>bronchite</b> , le tuyau dans ta bronche qui sert à faire passer l'air sera encore plus bouché, ce qui peut entraîner une crise d'asthme. Pour éviter les microbes, tu peux te faire vacciner contre la grippe !	GIF d'une bronche déjà enflammée, qui se contracte quand la crise arrive + mucus.	Bronchite								
V1	Haskatho n		Juste +2 // faux : 0	15	3	Dis-moi, sur 100 enfants en France, combien en moyenne ont de l'asthme ?	Contrairement à ce que l'on peut penser, beaucoup de gens en sont atteints ! en France elle touche 4 millions de personnes, soit 7% des adultes et plus de 10% des enfants !	GIF carte de France où de plus en plus de personnes apparaissent sur les zones sensibles de l'asthme	dix	10							
									1	2	3	4					
V1	Partie Biomédical	QCM	2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	1	1	Dis-moi, sais-tu quelle partie du corps est touchée par l'asthme ?	C'est une maladie des poumons, des bronches en fait pour être plus précis ! Elles sont en forme de tuyau et sont tout le temps irritées.	GIF des poumons (voit buste humain), qui zoome sur les bronches qui sont rouges.	Coeur	Cervau	Poumons	Ne sait pas					
V1			2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	2	1	Dis-moi, si tes bronches sont toujours irritées, elles sont de quelle couleur ?	Tes bronches sont des petits tuyaux qui amènent l'air dans les poumons. Comme elles sont tout le temps irritées, les parois sont rouges. C'est comme quand tu te fais piéquer par un moustique : tu as une trace rouge qui gratte tout le temps n'est-ce pas ? Et plus tu grattes plus c'est rouge et enflé ! Ici c'est pareil, sauf que tu ne peux pas gratter du coup tu tousses, et plus tu tousses et plus la bronche est rouge et enflée !	GIF des poumons (voit buste humain), qui zoome sur les bronches qui sont rouges	Rouge	Bleu	Violat	Ne sait pas					
V1			2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	3	1	Dis, sais-tu comment s'appelle ce qu'il y a au bout des bronches ?	Au bout des bronches - tu sais les petits tuyaux qui amènent l'air dans les poumons ? - il y a des <b>alvéoles</b> , qui ressemblent à des <b>grappes de raisin</b> comme tu peux le voir !	GIF des poumons (voit buste humain), qui zoome sur les bronches, qui zoome sur les alvéoles.	Muscles	Veines	Alvéoles	Ne sait pas					
V1			2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	4	2	Voyons ... Tu sais quel est le gaz qui entre dans ton nez quand tu respirez ?	Le dioxygène, ou O2, est le gaz que tu respireras pour faire rentrer l'air dans ton nez. Il passe ensuite dans les bronches. Comme tu le vois c'est des flèches bleues C'est lui qui permet de faire fonctionner ton corps.	GIF d'un buste humain avec poumons, bronches et alvéoles. Animation du chemin parcouru de l'air (flèches rouges) jusqu'aux alvéoles.	Dioxyde de Carbone / CO2	Dioxygène / O2	Hydrogène / H	Ne sait pas					
V1			2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	5	2	Voyons ... Tu sais quel est le gaz qui sort de ton nez quand tu respirez ?	Le gaz carbonique c'est le dioxyde de carbone, ou CO2. C'est le gaz que ton corps fabrique naturellement, c'est les déchets en fait ! Ce gaz-déchets doit donc faire le chemin inverse pour ensuite être rejeté, tu le vois il sort par les flèches rouges !	le GIF d'un buste humain avec poumons, bronches et alvéoles. Animation du CO2 rejeté (flèches bleues)	Dioxyde de Carbone / CO2	Dioxygène / O2	Hydrogène / H	Ne sait pas					
V1			2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	6	1	Voici en haut une des bronches, et en bas une bronche d'un de tes copains qui n'a pas d'asthme. D'après toi la bronche de ton copain est :	Ton copain qui n'a pas d'asthme a des bronches assez ouvertes pour faire passer l'air dans ses poumons, il peut donc respirer sans aucun effort contrairement à toi.	GIF d'une bronche saine, puis celle d'un asthmatique qui s'irrite avec la paroi qui s'épaissit et rouge. Affichage de paroi sur les zones correspondant pour les 2 images.	Plus bouchée	Autant bouchée	Moins bouchée	Ne sait pas					
V1			2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	7	1	Voici en haut une des bronches, et en bas une bronche d'un de tes copains qui n'a pas d'asthme. D'après toi ta bronche est :	Tes bronches ont une irritation chronique, c'est-à-dire qu'elle existe TOUJOURS ! LE TEMPS sans que tu sois forcément gêné tous les jours, mais les parois de tes bronches restent quand même épaissies et irritées par rapport aux bronches de ton copain qui n'a pas d'asthme.	GIF d'une bronche saine, puis celle d'un asthmatique qui s'irrite avec la paroi qui s'épaissit. Affichage de paroi sur les zones correspondants pour les 2 images.	Plus épaisse que celle du copain	Plus irritée que celle du copain	Moins irritée que celle du copain	Ne sait pas					
V1			2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	8	1	Voici en haut une des bronches quand tu fais une crise, et en bas une des bronches quand tu n'en fais pas. D'après toi les bronches que tu as pendant la crise sont :	Déjà réduit à cause de l'irritation que tu as tout le temps, le tuyau dans ta bronche qui laisse passer l'air est plus petit pendant les crises. C'est à cause des muscles qui entourent la bronche, ils se contractent pendant la crise et serrent fort ta bronche ! Ça s'appelle un <b>bronchospasme</b> .	le GIF d'une bronche déjà enflammée, qui se contracte quand la crise arrive + mucus.	Plus ouvertes	Encore plus bouchées	Serrées	Ne sait pas					
V1			2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	9	2	Voici en haut une des bronches quand tu fais pas de crise, et en bas une des bronches quand tu en fais une. D'après toi celle qui fabrique les glaires est :	Pendant les crises, tes bronches fabriquent un <b>mucus</b> épais, tu sais l'espèce de <b>glaise</b> que tu recraches des fois quand tu tousses, beurk ! C'est ce qui <b>bloque l'air</b> dans tes alvéoles du coup tu as l'impression d'étouffer... C'est comme quand un moustique te pique : plus tu grattes et plus ça rougit et ça enflé, et un petit liquide sort de la piqure n'est-ce pas ? Ici c'est pareil, sauf que la piqure est dans les bronches, du coup au lieu de te gratter tu tousses et le petit liquide qui sort, c'est les glaires que tu recraches !	GIF d'une bronche déjà enflammée, qui se contracte quand la crise arrive + mucus.	Celle du haut	Celle du bas	Les 2	Ne sait pas					
V1			2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	10	1	Voici une des bronches avec au bout les alvéoles ! D'après toi, à quel fruit ressemblent des alvéoles ?	Les bronches sont des tuyaux qui permettent d'apporter l'air que tu respireras dans tes poumons. Au bout de ces tuyaux se trouvent des <b>alvéoles</b> , qui ressemblent à des <b>grappes de raisin</b> comme tu peux le voir !	le GIF des poumons (voit buste humain), qui zoome sur les bronches, qui zoome sur les alvéoles.	Raisin	Pomme	Poire	Ne sait pas					
V0			2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	11	1	D'après toi, peux-tu me dire qu'est-ce qui est à l'origine de ton asthme ?	L'asthme c'est quand tes bronches ont une grosse sensibilité pour plusieurs éléments qui peuvent les agresser, comme les acariens, le pollen, la nourriture, la fumée, le sport etc, mais ils sont différents pour chacun ! On ne sait pas trop encore comment ça s'attrape, mais ce n'est pas contagieux. Il y a une part où c'est quelque chose de ta famille qui en a peut-être eu par exemple. Mais dans tous les cas tu n'y es pour rien ! Même si tu as une crise d'asthme quand tu es énervé ou stressé, dis-toi que ce n'est pas à cause de cela que tu as de l'asthme !	GIF d'une famille avec un membre qui étourne, et d'un enfant qui s'énerve.	Ca vient de ma famille	Je l'ai attrapé à l'école	C'est ma faute	Ne sait pas					
V0			2 si juste +1 si NSP / 0 si faux	12	1	D'après toi, peux-tu me dire qu'est-ce qui est à l'origine de ton asthme ?	L'asthme c'est quand tes bronches ont une grosse sensibilité pour plusieurs éléments qui peuvent les agresser, comme les acariens, le pollen, la nourriture, la fumée, le sport etc, mais ils sont différents pour chacun ! On ne sait pas trop encore comment ça s'attrape, mais ce n'est pas contagieux. Il y a une part où c'est quelque chose de ta famille qui en a peut-être eu par exemple. Mais dans tous les cas tu n'y es pour rien ! Même si tu as une crise d'asthme quand tu es énervé ou stressé, dis-toi que ce n'est pas à cause de cela que tu as de l'asthme !	GIF d'une personne qui étourne dans un champ de fleur et d'un enfant qui s'énerve.	Je l'ai attrapé à l'école	Ca vient de l'endroit où j'habite	C'est ma faute	Ne sait pas					

V0			2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	13	1	D'après toi, quelle est la maladie du nez qui peut déclencher un asthme ?	En cas de <b>rhume</b> , le tuyau dans ta bronche, qui sert à faire passer l'air, sera encore plus bouché, ce qui peut entraîner une crise d'asthme. Pour éviter les microbes, lavez-toi les mains régulièrement !	GIJ d'une bronche déjà enflammée, qui se contracte quand la crise arrive = mucus.	Orite	Rhume	Angine				Ne sait pas	
V0			2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	14	1	D'après toi, quelle est la maladie des poumons qui peut entraîner une crise d'asthme ?	En cas de <b>bronchite</b> , le tuyau dans ta bronche qui sert à faire passer l'air sera encore plus bouché, ce qui peut entraîner une crise d'asthme. Pour éviter les microbes, tu peux te faire vacciner contre la grippe !	GIJ d'une bronche déjà enflammée, qui se contracte quand la crise arrive = mucus.	Orite	Rhume	Bronchite				Ne sait pas	
V0			2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	15	2	Dé-moi, quel est le pourcentage d'enfants asthmatiques en France d'après toi ?	Contrairement à ce que l'on peut penser, beaucoup de gens en sont atteints ! en France elle touche 4 millions de personnes, soit 7% des adultes et plus de 10% des enfants !	GIJ certie de France où de plus en plus de personnes apparaissent sur les zones sensibles de l'asthme.	10%	1%	50%				Ne sait pas	
V0		Jeux	+1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse / -0,1 à chaque fois qu'on clique sur un indice (+2 lettres à chaque fois)	1	2	Hey tu connais les mots croisés ? Tu sais quand tu dois trouver le mot qui correspond à la définition qu'on te donne ! Un indice : Chaque mot est lié à l'asthme !	Tu peux avoir du mal à visiter tes poumons en cas de crise d'asthme car tu as des difficultés à respirer. Les efforts que tu fais pour visiter tes poumons provoquent alors des sifflements qui peuvent s'accompagner de crachats, heurk !									
V0			+1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse / -0,1 à chaque fois qu'on clique sur un indice (+2 lettres à chaque fois)	2	2	Hey tu connais les mots mêlés ? Tu sais quand tu dois retrouver un mot dans un tableau où il y a pleins de lettres ! Un indice : chaque mot est lié à l'asthme !	Les métiers comme peintre, cavalier, vétérinaire, boulanger, coiffeur et plongeur peuvent déclencher ce qu'on appelle un "Asthme professionnel". C'est parce qu'ils qui s'exposent aux contacts avec des objets qui se trouvent sur le lieu de travail et qui déclencher des crises d'asthme. Par exemple, il peut y avoir les poils d'animaux pour le vétérinaire, la farine pour le boulanger, etc.									
V1			+1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse / -0,1 à chaque fois qu'on clique sur un indice (surlignage trait et mot associé)	3	2	Voici un enfant qui a peu près ton âge, même s'il a un côté qui a de l'asthme et un autre qui n'en a pas ! Le but est de placer les mots sur la ligne qui correspond ! Es-tu prêt à mettre à blâmer le déclin de l'asthme ?	Les métiers comme peintre, cavalier, vétérinaire, boulanger, coiffeur et plongeur peuvent déclencher ce qu'on appelle un "Asthme professionnel". C'est parce qu'ils qui s'exposent aux contacts avec des objets qui se trouvent sur le lieu de travail et qui déclencher des crises d'asthme. Par exemple, il peut y avoir les poils d'animaux pour le vétérinaire, la farine pour le boulanger, etc.									
V1	Partie Connaissances	Quizz	Juste +2 / fausse : 0	1	1	Quel est l'endroit où tu peux avoir du mal à respirer ?	Quand tu cours au sport ou à la récré, tu peux avoir des difficultés à respirer mais aussi quand tu es tranquillement chez toi à cause des bronches qui sont irritées et qui laissent passer moins d'air, mais ce n'est pas forcément une crise d'asthme.	GIJ d'un enfant essoufflé, dans le camp et dans la cour à courtir.							*tout admis	
V1			Juste +2 / fausse : 0	2	2	Qu'est-ce que tu peux ressentir à la poitrine ?	Tu peux ressentir que ça serre dans la poitrine. Cela vient de l'irritation de tes bronches qui font gonfler les parois et qui laissent passer moins d'air.	GIJ d'un enfant qui se tient la poitrine et a du mal à respirer.	Serre	Oppresse	Mal					
V1			Juste +2 / fausse : 0	3	2	Quand tu tousses ça peut être quoi d'après toi ?	La toux peut être un signe d'asthme, ou d'une crise. Elle peut aussi être autre chose comme un simple rhume.	GIJ d'un enfant qui toussé beaucoup.	Asthme	Rien						
V1			Juste +2 / fausse : 0	4	1	Quand tu as une crise d'asthme, comment tu respirez ?	Tu peux avoir du mal à visiter tes poumons en cas de crise d'asthme car tu as des difficultés à respirer. Les efforts que tu fais pour visiter tes poumons provoquent alors des sifflements qui peuvent s'accompagner de crachats, heurk !	GIJ d'un enfant qui a du mal à respirer = crachats.	Normalment	Difficilement						
V1			Juste +2 / fausse : 0	5	3	Pou-tu me donner un nom de métier où on peut être gêné par l'asthme ?	Les métiers comme peintre, cavalier, vétérinaire, boulanger, coiffeur et plongeur peuvent déclencher ce qu'on appelle un "Asthme professionnel". C'est parce qu'ils qui s'exposent aux contacts avec des objets qui se trouvent sur le lieu de travail et qui déclencher des crises d'asthme. Par exemple, il peut y avoir les poils d'animaux pour le vétérinaire, la farine pour le boulanger, etc.	GIJ des métiers qui peuvent déclencher un asthme professionnel (allergence des images) = animation pour chaque métier d'une toux.	Cavalier	Vétérinaire	Boulang	coiffeur	Peintre	Plongeur		
V0	Partie Connaissances	Quizz	Juste +2	1	1	Quand tu cours, est-ce que tu cours aussi longtemps que les autres ?	Quand tu cours au sport ou à la récré, tu peux avoir des difficultés à respirer mais aussi quand tu es tranquillement chez toi à cause des bronches qui sont irritées et qui laissent passer moins d'air, mais ce n'est pas forcément une crise d'asthme.	GIJ d'un enfant essoufflé, dans le camp et dans la cour à courtir.	Oui	Non						
V0			Juste +2	2	1	Tu peux ressentir à la poitrine un sifflement ?	Tu peux ressentir que ça serre dans la poitrine. Cela vient de l'irritation de tes bronches qui font gonfler les parois et qui laissent passer moins d'air.	GIJ d'un enfant qui se tient la poitrine et a du mal à respirer.	Oui	Non						
V0			2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	3	2	Quand tu tousses, c'est ?	La toux peut être un signe d'asthme, ou d'une crise. Elle peut aussi être autre chose comme un simple rhume.	GIJ d'un enfant qui toussé beaucoup.	Autre chose	De l'asthme	Un rhume			Ne sait pas		
V0			Juste +2	4	1	Quand tu as une crise d'asthme, est-ce que tu peux souffler facilement ?	Tu peux avoir du mal à visiter tes poumons en cas de crise d'asthme car tu as des difficultés à respirer. Les efforts que tu fais pour visiter tes poumons provoquent alors des sifflements qui peuvent s'accompagner de crachats, heurk !	GIJ d'un enfant qui a du mal à respirer = crachats.	Oui	Non						
V0			2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	5	2	Est-ce que tu sais que dans certains métiers on peut être gêné par l'asthme ? Ce sont lesquels d'après toi ?	Les métiers comme peintre, cavalier, vétérinaire, boulanger, coiffeur et plongeur peuvent déclencher ce qu'on appelle un "Asthme professionnel". C'est parce qu'ils qui s'exposent aux contacts avec des objets qui se trouvent sur le lieu de travail et qui déclencher des crises d'asthme. Par exemple, il peut y avoir les poils d'animaux pour le vétérinaire, la farine pour le boulanger, etc.	GIJ des métiers qui peuvent déclencher un asthme professionnel (allergence des images) = animation pour chaque métier d'une toux.	Cavalier	Vétérinaire	Boulang	coiffeur	Peintre	Plongeur	Charcutier	Informaticien
V0		Jeux	+1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse / -0,1 à chaque fois qu'on clique sur un indice (+2 lettres à chaque fois)	1	2	Hey tu connais les mots croisés ? Tu sais quand tu dois trouver le mot qui correspond à la définition qu'on te donne ! Un indice : Chaque mot est lié à l'asthme !	Tu peux avoir du mal à visiter tes poumons en cas de crise d'asthme car tu as des difficultés à respirer. Les efforts que tu fais pour visiter tes poumons provoquent alors des sifflements qui peuvent s'accompagner de crachats, heurk !									
V0			+1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse / -0,1 à chaque fois qu'on clique sur un indice (+2 lettres à chaque fois)	2	2	Hey tu connais les mots mêlés ? Tu sais quand tu dois retrouver un mot dans un tableau où il y a pleins de lettres ! Un indice : chaque mot est lié à l'asthme !	Les métiers comme peintre, cavalier, vétérinaire, boulanger, coiffeur et plongeur peuvent déclencher ce qu'on appelle un "Asthme professionnel". C'est parce qu'ils qui s'exposent aux contacts avec des objets qui se trouvent sur le lieu de travail et qui déclencher des crises d'asthme. Par exemple, il peut y avoir les poils d'animaux pour le vétérinaire, la farine pour le boulanger, etc.									
V1			Oui = sûr à 4/4 ; +2 ; Oui = sûr 3/4 ; +1 ; Non = sûr à 4/4 ; -0 ; Non = sûr 3/4 ; -0,25 ; Non = sûr à 2/4 ; 0,5 ; Non = sûr à 1/4 ; -0,75	1	2	Dé-moi, d'après toi tous les enfants asthmatiques sont-ils allergiques ?	Efficacement, tous les asthmatiques ne sont pas allergiques ! Tu peux très bien rencontrer un copain asthmatique qui n'est pas allergique, et un allergique qui n'est pas asthmatique. En fait le corps d'un asthmatique qui est allergique croit que certaines choses sont dangereuses alors que non, comme les pollens, les acariens, des aliments, des poils d'animaux, etc. Du coup il se défend, et provoque des crises d'asthme ! Il existe pour cela des médicaments anti-allergiques, appelés anti-histaminiques.	images des facteurs allergiques : pollens, acariens, aliments	Oui, 4/4	Oui, 3/4	Oui, 2/4	Oui, 1/4	Non, 1/4	Non, 2/4	Non, 3/4	Non, 4/4
V1			Juste +2 / fausse : 0	2	2	D'après toi, qu'est-ce qui peut provoquer une crise d'asthme ?	En effet si tu as une maladie comme un rhume, une grippe, une bronchite, que tu es entouré par de la pollution, que tu es allergique à quelque chose qui est à côté ou que tu es stressé, tes bronches peuvent réagir anormalement où les muscles qui entourent la bronche peuvent se contracter et diminuer le passage de l'air que tu respirez !	d'un enfant malade, tabac, pollution voiture, éternue au pollen et stress dans le nez	pollution	virus	allergie	stress				
V1			Oui = sûr à 4/4 ; +2 ; Oui = sûr 3/4 ; +1 ; Non = sûr à 4/4 ; -0 ; Non = sûr 3/4 ; -0,25 ; Non = sûr à 2/4 ; 0,5 ; Non = sûr à 1/4 ; -0,75	3	1	D'après toi, est-ce que l'échauffement avant le sport est important ?	Quand tu fais du sport ou quand tu joues à la récré avec tes copains et que tu cours très vite, tu peux avoir un asthme d'effort ! C'est parce que tes bronches n'ont pas eu le temps de s'habituer à faire rentrer de l'air aussi vite ! Cela provoque alors une crise d'asthme juste après l'effort ! cela se veut pas dire que tu es puni de sport au contraire ! le sport aide à ouvrir tes bronches et à mieux respirer ! Il faut juste que tu courres doucement, c'est-à-dire que tu t'échauffes avant de faire du sport pour que tes bronches s'habituent à l'effort ! et n'hésite pas à prendre ton médicament de crise comme ton médecin te l'a dit 15 min avant !	images d'enfants qui s'échauffent, qui ont un asthme d'effort, qui prend son inhalateur, qui s'évitent	Oui, 4/4	Oui, 3/4	Oui, 2/4	Oui, 1/4	Non, 1/4	Non, 2/4	Non, 3/4	Non, 4/4
V1			Juste +2 / fausse : 0	4	2	D'après toi, qu'est-ce que tu dois faire dans ta chambre pour chasser les acariens ?	Quand on est allergique aux acariens qui adorent la poussière, il faut nettoyer et aspirer dans ta maison au moins 2 fois par semaine, et éviter tout ce qui est moquettes, rideaux et tapis. Quand les parents te disent de ranger ou nettoyer ta chambre, ce n'est pas pour t'embêter, c'est surtout parce que ça évite que les acariens se mette partout, donc les acariens aussi !	images du parent qui nettoie la maison, puis de l'enfant qui range sa chambre.	Ranger	Nettoyer	Aérer	Ménage	Aspirer			
V1			Oui = sûr à 4/4 ; +2 ; Oui = sûr 3/4 ; +1 ; Non = sûr à 4/4 ; -0 ; Non = sûr 3/4 ; -0,25 ; Non = sûr à 2/4 ; 0,5 ; Non = sûr à 1/4 ; -0,75	5	2	D'après toi, l'asthme ça dure toute la vie ?	Même si tu ne ressens pas les signes de l'asthme tout le temps, c'est une maladie chronique, c'est-à-dire qu'elle est tout le temps présente. Tes bronches seront toujours hypersensibles, et une crise peut survenir à tout moment si tu ne prends pas ton médicament de tous les jours. Il est donc très important que tu le prenes car même s'il ne guérit pas la maladie, il te permet de vivre normalement et de ne pas ressentir les signes.	GIJ des poumons (voit buste humaine), qui zoom sur les bronches qui sont rougées	Oui, 4/4	Oui, 3/4	Oui, 2/4	Oui, 1/4	Non, 1/4	Non, 2/4	Non, 3/4	Non, 4/4
V1			Oui = sûr à 4/4 ; +2 ; Oui = sûr 3/4 ; +1 ; Non = sûr à 4/4 ; -0 ; Non = sûr 3/4 ; -0,25 ; Non = sûr à 2/4 ; 0,5 ; Non = sûr à 1/4 ; -0,75	6	1	D'après toi, est-ce que l'asthme c'est contagieux ?	Même si tu peux tousser, la toux reste uniquement un signe de ton asthme. Contrairement à des maladies comme les bronchites ou les rhumes, celles des personnes qui ont juste de l'asthme ne s'attrape pas ! Par contre il y a peut-être des gens dans ta famille qui ont eu de l'asthme, demande pour cela à tes parents !	image d'un enfant qui toussé.	Oui, 4/4	Oui, 3/4	Oui, 2/4	Oui, 1/4	Non, 1/4	Non, 2/4	Non, 3/4	Non, 4/4
V1			Juste +2 / fausse : 0	7	2	D'après toi, quand l'air est froid et sec et que tu te sens gêné, quelle partie du visage devrais-tu protéger ?	Quand tu sors par ce temps il vaut mieux effectivement mettre une écharpe sur le nez et la bouche pour chauffer et humidifier l'air respiré. Tu peux prendre une bouffée de ton médicament contre les crises d'asthme avant de sortir, mais amène-le quand même au cas où !	l'image d'un enfant qui a le nez couvert en hiver.	Nez	Bouche						
V1			Oui = sûr à 4/4 ; +2 ; Oui = sûr 3/4 ; +1 ; Non = sûr à 4/4 ; -0 ; Non = sûr 3/4 ; -0,25 ; Non = sûr à 2/4 ; 0,5 ; Non = sûr à 1/4 ; -0,75	8	2	D'après toi, quand l'air est froid et sec, il vaut mieux que tu respires par la bouche ?	C'est mieux de respirer par le nez car les poils à l'intérieur empêchent de faire rentrer des grosses poussières, comme un filtre ! Par contre il n'y a pas de filtre dans la bouche, donc rien n'arrête les poussières et tu as plus de chances d'avoir une crise ! En plus les poils de nez servent à réchauffer et humidifier l'air extérieur pour que l'oxygène passe mieux dans tes bronches, car la différence de température peut provoquer une crise ! Donc même si c'est craca, les poils de nez c'est bien pratique !	image d'un enfant qui respire par le nez, avec le trajet de l'air	Oui, 4/4	Oui, 3/4	Oui, 2/4	Oui, 1/4	Non, 1/4	Non, 2/4	Non, 3/4	Non, 4/4
V1			Juste +2	9	1	Pour toi, l'asthme est-elle une maladie qui l'angoisse ?	L'asthme c'est une maladie chronique, c'est-à-dire qu'on l'a toute la vie même si on ne la ressent pas toujours. On peut avoir peur que la crise arrive dans la nuit ou quand on s'y attend le moins, et ça peut être très stressant. C'est pour ça qu'il est très important de prendre le médicament de tous les jours et ça même si on ne ressent pas les signes de l'asthme et qu'on croit qu'on n'est plus malade.	l'image d'un enfant qui angoisse dans son coin.	Oui	Non						
V1			Oui = sûr à 4/4 ; +2 ; Oui = sûr 3/4 ; +1 ; Non = sûr à 4/4 ; -0 ; Non = sûr 3/4 ; -0,25 ; Non = sûr à 2/4 ; 0,5 ; Non = sûr à 1/4 ; -0,75	10	2	Pour toi, l'asthme c'est une maladie psychologique ?	Il faut savoir qu'un coup de stress ou une trap forte émotion comme les pleurs ou les rires peuvent déclencher une crise car les muscles ont besoin de plus d'oxygène, ce le passage de l'air est réduit à cause de l'irritation des bronches donc cela peut provoquer une crise. L'asthme n'est donc pas du tout dans la tête, car la véritable cause vient des bronches qui sont irritées. Le sport est super pour gérer le stress et la relaxation aussi !	l'image d'un enfant qui rigole fortement.	Oui, 4/4	Oui, 3/4	Oui, 2/4	Oui, 1/4	Non, 1/4	Non, 2/4	Non, 3/4	Non, 4/4



VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	10	1	Pour toi, l'asthme :	Il faut savoir que <b>un coup de stress</b> ou une trop forte émotion comme les pleurs ou les rires peuvent déclencher une crise car les muscles ont besoin de plus d'oxygène, et le passage de l'air est réduit à cause de l'irritation des bronches donc cela peut provoquer une crise. L'asthme n'est donc pas du tout dans la tête, car la véritable cause vient des bronches qui sont irritées. Le sport est super pour gérer le stress et la relaxation aussi !	<i>L'image d'un enfant qui rigole fort.</i>	C'est une vraie maladie	C'est juste dans ma tête	Ca vient des bronches qui sont irritées	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	11	1	D'après toi, quel est le sport qui permet de contrôler la respiration ?	Les activités d'arts martiaux comme le judo, l'aïkido, le karaté etc. sont conseillées quand tu es asthmatique car elles permettent d'apprendre à se concentrer et à contrôler ta respiration. Cela aide aussi à ne pas paniquer si tu as une crise, à diminuer sa gravité et à mieux savoir la gérer !	<i>L'image d'un enfant judoka qui salue un autre.</i>	Le rugby	Le basket-ball	Le judo	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	12	1	D'après toi, quels sont les sports qui permettent d'augmenter la capacité de tes poumons ?	Les activités qui demandent beaucoup d'oxygène aux muscles comme la marche rapide, la course, le vélo etc. sont conseillées quand tu es asthmatique, car elles augmentent ta capacité respiratoire, donc tu as beaucoup moins de risques d'avoir un asthme d'effort !	<i>L'image d'un enfant qui passe en courant le relais à un autre.</i>	Le karaté	Le vélo	L'endurance	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	13	2	D'après toi, quel est le sport où il faut faire attention quand tu as de l'asthme ?	Même si c'est très bon de faire du sport, il faut faire attention à certains car il peuvent contenir des éléments qui provoquent de l'asthme. Fais attention avec l'équitation car tu peux avoir une allergie au cheval ou à la paille. La natation en piscine couverte également car le chlore de la piscine peut irriter tes bronches. Dans tous les cas, pense à bien t'échauffer et t'étirer, ou même prend ton médicament de crise avant le sport pour éviter une crise d'asthme !	<i>L'image d'un enfant qui éternue à côté d'un cheval et d'un enfant qui fait de la natation couverte.</i>	Le football	La natation en piscine couverte	L'équitation	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	14	1	D'après toi, quel est le sport absolument interdit quand on a de l'asthme ?	Le scal sport interdit quand tu as de l'asthme est la plongée sous-marine avec bouteilles, car il est impossible de prendre ton médicament de crise si tu fais une crise d'asthme dans l'eau, mais tu peux demander conseil à ton médecin si tu veux vraiment en faire. Tu as quand même le droit de faire du sport que tu peux faire !	<i>L'image d'un enfant qui fait de la plongée.</i>	La plongée sous-marine	Le badminton	Le handball	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	15	3	D'après toi, cite-moi un aliment qu'il faut prendre quand on a de l'asthme :	Quand on est asthmatique, manger un peu de ces aliments est bon pour le corps si bien sûr, tu n'y es pas allergique ! Huile de tournesol réduit l'irritation des bronches et amoindrit la fonction des poumons en dessautant les muscles qui entourent les bronches quand tu fais une crise. Les épinards, le tofu et les haricots eux, permettent de réduire le stress. Les poivrons rouges diminuent la gravité des crises d'asthme. Enfin les légumes aident à prévenir de réduire le nombre de crises d'asthme. Bon appétit !	<i>Image des aliments cités</i>	Huile de tournesol	Epinards	Tofu	Haricots	Poivrons	Oignons	Nuggets	Kitchoy	
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	16	1	Si tu as un rhume des foies, ça peut :	Le rhume des foies, ou rhinite allergique, est une allergie aux pollens des arbres et des plantes qui se passe pendant le printemps. C'est souvent lié à l'asthme car 8 asthmatiques sur 10 ont un rhume des foies ! C'est allergique peut également entraîner de l'asthme et donc l'aggraver, c'est pour ça qu'il faut le soigner avec des antiallergiques !	<i>L'image d'un enfant qui éternue avec le pollen.</i>	Aggraver ton asthme	Diminuer ton asthme	Faire disparaître ton asthme	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	17	1	Quand tu es en ville, qu'est-ce que peut augmenter le risque de rhume des foies ?	Le rhume des foies, ou rhinite allergique, est une allergie aux pollens des arbres et des plantes. Même si c'est souvent au printemps, tu as plus de chances d'avoir un rhume des foies quand il y a du soleil, de la chaleur et du vent car le pollen s'évole plus facilement ! La pollution joue aussi un rôle important car elle aggrave les signes d'allergie ! Quand c'est la saison des pollens, demande à tes parents de t'aider que le matin ou le soir et rince toi les cheveux le soir si tu peux !	<i>L'image d'un soleil, thermomètre, chaleur, vent, pollution des voitures.</i>	La pollution	Le soleil	La chaleur	Le vent	Ne sait pas				
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	18	1	Quel est l'endroit où tu as le moins de risque d'avoir un rhume des foies ?	Le rhume des foies, ou rhinite allergique, est une allergie aux pollens des arbres et des plantes qui se passe pendant le printemps. En montagne par exemple, l'air est plus froid et la saison des pollens est plus courte donc tu as moins de risques d'avoir un rhume des foies ! Quand c'est la saison des pollens, demande à tes parents de t'aider que le matin ou le soir et rince toi les cheveux le soir si tu peux !	<i>L'image d'un enfant à la montagne.</i>	L'école	La plage	La montagne	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	19	1	Même si tu ne fumes pas toi-même, la fumée peut :	Ce n'est pas parce que tu ne fumes pas que tu ne risques pas de fumer de cigarette ! C'est l'un des polluants les plus toxiques et c'est celui qui aggrave le plus ton asthme ! Ça s'appelle le tabagisme passif. C'est quand les gens qui sont autour de toi fument et que tu respireras la fumée de leur cigarette, c'est comme si tu fumais toi-même ! Aucune fumée ne doit donc rentrer dans la maison, surtout dans ta chambre ! Il faut aérer un maximum dans la maison pour que la fumée disparaisse, mais dans tous les cas évite d'être trop proche des personnes qui fument !	<i>L'image d'un enfant proche de la fumée de cigarette.</i>	Diminuer ton asthme	Aggraver ton asthme	Faire disparaître ton asthme	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	20	1	Pour toi la natation ça a quel effet sur l'asthme ?	C'est très bon de nager quand on est asthmatique car grâce à l'air humide tes bronches seront moins serrées ! Vérifie avant si tu es allergique au chlore par contre ! Certaines piscines, surtout couvertes, en utilisent et cela peut irriter tes bronches !	<i>L'image d'un enfant qui nage.</i>	Ca diminue mon asthme	Ca aggrave mon asthme	Ca ne fait absolument rien sur mon asthme	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	21	2	Pour toi l'asthme d'est :	La crise d'asthme c'est une aggravation de l'irritation de tes bronches, à cause d'un contact avec ce qu'on appelle les facteurs déclencheurs, c'est tout ce qui peut entraîner une crise ! Ils sont différents pour tout le monde, cela peut être par exemple les allergies comme le pollen, les acariens... La pollution comme le chauffage, l'essence... et les virus aussi ! Mais l'asthme ça n'est pas que des crises, cela vient en fait de tes bronches qui sont hypersensibles ! C'est pour ça qu'il faut prendre ton médicament de tous les jours, pour éviter d'avoir une crise ! C'est le vrai médicament de l'asthme ! Donc tu es asthmatique même quand tu ne fais pas de crise !	<i>L'image des bronches d'une personne non asthmatique, d'un asthmatique hors crise, d'un asthmatique pendant une crise.</i>	Seulement quand je fais une crise	Tout le temps	Seulement le matin ou le soir	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	22	2	D'après toi quand tu seras grand tu seras quand :	On croit tous que l'asthme disparaît en grandissant du coup on prend moins bien son médicament tous les jours, mais en vrai il n'y a que 4% de personnes qui n'ont plus d'asthme quand ils sont adultes ! Même si les hormones peuvent augmenter ou réduire ton asthme, en prenant moins bien le médicament de tous les jours tu risques vraiment de l'aggraver ! Donc dans le doute il vaut mieux continuer à prendre ton médicament pour l'asthme, sans prendre en compte l'âge !	<i>L'image d'un adulte qui prend sa ventoline.</i>	J'aurai un asthme encore plus fort	Je n'aurai plus d'asthme	J'aurai toujours de l'asthme	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	23	1	Quand tu prends l'aviation, où dois-tu trouver tes médicaments ?	Quand tu pars en voyage à l'étranger, il faut demander à tes parents d'emmener avec toi tes ordonnances et ton carnet de santé. Comme ça si tu dois voir un docteur à l'étranger il sera au courant de tout ! En cas de voyage en avion, tu dois avoir avec toi tes médicaments et ton ordonnance ! Comme ça si jamais tu as une crise d'asthme dans l'avion tu n'as tout ce qu'il te faut !	<i>L'image d'une ordonnance + ventoline dans l'avion.</i>	En soute	En cabine, près de moi	A la maison	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	24	1	Dis-moi, qu'est-ce qui risque de déclencher de l'asthme quand tu es dans tes dehors ?	Les éléments qui peuvent provoquer de l'asthme quand tu es à l'extérieur sont : le tabac, la pollution des voitures, les produits de nettoyage ! Ils peuvent irriter encore plus tes bronches que le soleil, et ça peut provoquer une crise ! Il y a aussi les pollens des arbres et les acariens si tu es allergique ! Le vent, le soleil et la chaleur facilitent la dispersion du pollen aussi ! Bien sûr cela dépend des allergies et de la sensibilité que tu peux avoir qui sont différentes pour tous !	<i>L'image des éléments cités</i>	La pollution	Le pollen	La fumée	Le bruit	Ne sait pas				
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	25	2	Dis-moi, qu'est-ce qui peut déclencher de l'asthme quand tu es dans la salle de bain ?	Les éléments qui peuvent provoquer de l'asthme dans la salle de bain sont les moisissures qui se trouvent sur la baignoire, la douche ou sur les murs. Elles sont créées à cause l'humidité. Il y a aussi les produits d'entretien et de cosmétique comme le parfum ou la laque ! Bien sûr cela dépend des allergies et de la sensibilité que tu peux avoir et qui sont différentes pour tous !	<i>Image d'une salle de bain avec les éléments cités</i>	Les moisissures	L'eau	Les parfums	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	26	2	Dis-moi, qu'est-ce qui peut déclencher de l'asthme quand tu es dans la cuisine ?	Les éléments qui peuvent provoquer de l'asthme dans la cuisine sont les produits ménagers comme le liquide vaisselle, le produit à vitre etc., la bombonne de gaz s'il y a chez toi, les cafards si tu en vois, et les gazs quand les parents font la vaisselle ! Bien sûr cela dépend des allergies et de la sensibilité que tu peux avoir et qui sont différentes pour tous !	<i>Image d'une cuisine avec les éléments cités</i>	Les fourchettes	Les cafards	Les produits ménagers	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	27	1	Dis-moi, qu'est-ce qui peut déclencher de l'asthme quand tu es dans le salon ?	Les éléments qui peuvent provoquer de l'asthme dans le salon sont les acariens qui se trouvent dans le canapé et dans le tapis, la plante à cause des produits qui peuvent rendre allergique, le chat à cause de ses poils, le tabagisme et la cheminée à cause de la fumée que tu peux respirer ! Bien sûr cela dépend des allergies et de la sensibilité que tu peux avoir qui sont différentes pour tous !	<i>Image d'un salon avec les éléments cités</i>	La TV	Les acariens	La fumée de cheminée	Ne sait pas					
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	28	1	Dis-moi, qu'est-ce qui peut déclencher de l'asthme quand tu es dans la chambre ?	Les éléments qui peuvent provoquer de l'asthme dans la chambre sont les acariens qui se trouvent dans ton lit, sous ton lit, dans tes peluches, dans tes rideaux et dans ton tapis ! N'oublie pas aussi le chat à cause de ses poils qui peuvent déclencher une crise ! Bien sûr cela dépend des allergies et de la sensibilité que tu peux avoir qui sont différentes pour tous !	<i>Image d'une chambre avec les éléments cités</i>	La lampe de chevet	Les acariens	Les peluches	Ne sait pas					
V0	Jeux	1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse	1	2	Voici une maison qui ressemble beaucoup à la tienne ! Pour chaque pièce que tu verras, il faut que tu identifies les éléments qui pourraient déclencher un asthme, c'est ce qu'on appelle les facteurs déclencheurs !	Les éléments qui peuvent provoquer de l'asthme dans la salle de bain sont les moisissures qui se trouvent sur la baignoire ou sur les murs. Elles sont créées à cause l'humidité. Il y a aussi les produits d'entretien et de cosmétique comme le parfum ou la laque ! Bien sûr cela dépend des allergies et de la sensibilité que tu peux avoir et qui sont différentes pour tous !	<i>pièce associée avec les bonnes réponses entourées qui s'affichent en gros</i>	Moissures sur baignoire	Produits cosmétiques	Serviette	Miroir	Lavabo	Toilettes			
V0		+ 1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse	2	2	Voici une maison qui ressemble beaucoup à la tienne ! Pour chaque pièce que tu verras, il faut que tu identifies les éléments qui pourraient déclencher un asthme, c'est ce qu'on appelle les facteurs déclencheurs !	Les éléments qui peuvent provoquer de l'asthme dans la cuisine sont les produits ménagers comme le liquide vaisselle, le produit à vitre etc., la bombonne de gaz s'il y a chez toi, les cafards si tu en vois, et les gazs quand les parents font la vaisselle ! Bien sûr cela dépend des allergies et de la sensibilité que tu peux avoir et qui sont différentes pour tous !	<i>pièce associée avec les bonnes réponses entourées qui s'affichent en gros</i>	Cafard	Gaz	Plan de travail	Placard	Produits ménagers	Gants	Frigo		
V0		+ 1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse	3	2	Voici une maison qui ressemble beaucoup à la tienne ! Pour chaque pièce que tu verras, il faut que tu identifies les éléments qui pourraient déclencher un asthme, c'est ce qu'on appelle les facteurs déclencheurs !	Les éléments qui peuvent provoquer de l'asthme dans le salon sont les acariens qui se trouvent dans le canapé et dans le tapis, la plante à cause des produits qui peuvent rendre allergique, le chat à cause de ses poils, le tabagisme et la cheminée à cause de la fumée que tu peux respirer ! Bien sûr cela dépend des allergies et de la sensibilité que tu peux avoir et qui sont différentes pour tous !	<i>pièce associée avec les bonnes réponses entourées qui s'affichent en gros</i>	Plante	Canapé	Luminaires	Chat	Étagère	Table	Cigarette	Cheminée	
V0		+ 1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse	4	2	Voici une maison qui ressemble beaucoup à la tienne ! Pour chaque pièce que tu verras, il faut que tu identifies les éléments qui pourraient déclencher un asthme, c'est ce qu'on appelle les facteurs déclencheurs !	Les éléments qui peuvent provoquer de l'asthme dans la chambre sont les acariens qui se trouvent dans ton lit, sous ton lit, dans tes peluches, dans tes rideaux et dans ton tapis ! N'oublie pas aussi le chat à cause de ses poils qui peuvent déclencher une crise ! Bien sûr cela dépend des allergies et de la sensibilité que tu peux avoir et qui sont différentes pour tous !	<i>pièce associée avec les bonnes réponses entourées qui s'affichent en gros</i>	Voiture	Lit	Peluche	Rideaux	Chat	Bureau	Étagère	Placard	
VI		1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse	5	2	Voici une rue où tu as déjà sûrement été ! Il faut que tu identifies les éléments qui pourraient déclencher un asthme, c'est ce qu'on appelle les facteurs déclencheurs !	Les éléments qui peuvent provoquer de l'asthme quand tu es à l'extérieur sont : le tabac, la pollution des voitures, les produits de nettoyage ! Ils peuvent irriter encore plus tes bronches que le soleil, et ça peut provoquer une crise ! Il y a aussi les pollens des arbres et les acariens si tu es allergique ! Bien sûr cela dépend des allergies et de la sensibilité que tu peux avoir qui sont différentes pour tous !	<i>gif de la rue associée avec les bonnes réponses entourées qui clignotent</i>	Fumeur	Voiture avec fumée	Pollen	Chien	Produits d'entretien				
VI		1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse	6	2	Voici une chambre qui ressemble beaucoup à la tienne je suis sûr ! Tes parents ont dû te dire de ranger encore une fois ta chambre, tu n'es pas sûrément pas sûr ! Tes vêtements ont dû te faire encore une fois ta chambre, tu n'es pas sûrément pas sûr ! Les acariens vont vite se multiplier et tu vas avoir une crise d'asthme ! Alors viiiiiiit me chaque objet à sa place pour éviter qu'ils apparaissent de plus en plus !	Quand on est allergique aux acariens qui adorent la poussière, il faut nettoyer et aspirer dans ta maison au moins 2 fois par semaine, et éviter tout ce qui est moquettes, rideaux et tapis. Quand les parents te disent de ranger ou nettoyer ta chambre, ce n'est pas pour t'embêter, c'est surtout parce que ça évite que la poussière se mette partout, donc les acariens aussi ! Bravo polvérisateur d'acariens !	Peut sélectionner tous les éléments, et les déplacer pour les mettre là où ils doivent être rangés : vêtements dans placard, chaussures dans tiroir, cannettes à la poubelle faire le lit, enlever ce qu'il y a en dessous, mettre les jouets dans une malle, toutes les 5 secondes, une peluche de poussière ou un acariens apparaît. Dès qu'un élément est à sa place, retard de 2 secondes pour le moment où ils vont apparaître. Si tout bon : toutes les poussières et acariens disparaissent dans une cri d'agome (G12)	Vêtements dans placard	Chaussettes dans tiroir	Cannettes à la poubelle	Faire le lit	Vider sous le lit	Mettre les jouets dans la malle			
VI		1 pour chaque réponse juste / 0 pour une fausse	7	2	Hey tu connais les mots mêlés ? Tu sais quand tu dois retrouver un mot dans un tableau où il y a plein de	Hey tu connais les mots mêlés ? Tu sais quand tu dois retrouver un mot dans un tableau où il y a plein de										





VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	9	3	D'après toi, ton médicament de tous les jours agit surtout sur quelle partie de ta bronche ?	Ton médicament de tous les jours sert à agrandir le passage de l'air dans tes bronches en diminuant leur irritation sur les parois à l'intérieur. Tes bronches sont alors moins sensibles à tout ce qui peut te faire avoir une crise même si tu es à côté. C'est lui le vrai médicament de l'asthme ! C'est pour ça que tu dois prendre ton médicament de tous les jours tous les jours !	<i>l'image des bronches pendant crise et hors crise, avec diminution de l'irritation dans les parois</i>	Les bouts de la bronche	L'intérieur de la bronche	les parois de la bronche	Ne sait pas			
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	10	2	Dis, quand est-ce que tu dois avoir ton médicament de crise près de toi ?	Ton médicament de crise a pour but de calmer rapidement la crise d'asthme qui est entrain de venir, car il permet de relâcher les muscles qui entourent tes bronches. Ils se détendent en 3 minutes, et l'air passe beaucoup mieux du coup. Il faut donc l'avoir <b>TOUT LE TEMPS</b> sur toi car tu peux avoir une crise d'asthme n'importe quand, surtout quand tu sors de chez toi et qu'il y a des trucs qui peuvent te déclencher un asthme sans que tu le voies, comme à l'école, chez les grands parents, en faisant du sport etc.	<i>zoom sur les muscles qui sont serrés et se détendent, et tour de cadran 24h</i>	Juste quand je fais du sport	Juste le matin et le soir	Toujours	Ne sait pas			
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	11	1	Quand tu sens qu'une crise d'asthme arrive, quel est le médicament que tu dois prendre absolument ?	<b>N'attends surtout pas que la crise soit à son maximum.</b> Dès que tu ressens les 1ers signes d'une crise, prend 2 bouffées de ton médicament spécial crise. C'est pour ça qu'il faut que tu l'aies tout le temps près de toi !	<i>l'image d'un enfant qui prend de la ventoline.</i>	Le médicament de crise	Le médicament que je prends tous les jours	Le médicament pour le nez	Ne sait pas			
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	12	2	Quel est le numéro d'urgence qu'il faut connaître absolument ?	Dans le cas où tu peux avoir une grosse crise d'asthme et ton médicament de crise ne fait pas effet, tu peux faire comme numéro le 15 ou le 18, mais dans le doute sache que le 112 est le numéro à connaître, car il passera toujours même si ton téléphone n'a pas de réseau et que tu es à l'étranger ! Donc un seul numéro à savoir : <b>le 112 !</b>	<i>l'image du logo 112.</i>	Le 17	Le 112	Le 911	Ne sait pas			
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	13	3	D'après toi, ton médicament de crise agit sur quelle partie de ta bronche ?	Ton médicament de crise a pour but de calmer rapidement la crise d'asthme qui est entrain de venir, car il permet de relâcher les muscles qui entourent tes bronches. Ils se détendent en 3 minutes, et l'air passe beaucoup mieux du coup. C'est pour ça qu'il faut l'avoir <b>TOUT LE TEMPS</b> sur toi !	<i>l'image des bronches pendant crise et hors crise, où les muscles se desserrent.</i>	Les muscles qui entourent la bronche	L'intérieur de la bronche	Le bout de la bronche	Ne sait pas			
VI		2 si juste / +1 si NSP / 0 si faux	14	1	Quand tu sens qu'une crise d'asthme arrive, quelle est la couleur du médicament que tu dois prendre ?	Ton médicament de crise a pour but de calmer rapidement la crise d'asthme qui est entrain de venir, car il permet de relâcher les muscles qui entourent tes bronches. Il est en bleu comme le ciel et l'air car il permet de respirer normalement, alors que celui que tu prends tous les jours est plutôt rouge ou orange car il diminue l'irritation à l'intérieur de tes bronches. Si tu as un médicament de tous les jours violet, c'est le mélange du rouge et du bleu, ça veut dire qu'il relâche les muscles <b>ET qu'il diminue l'irritation !</b>	<i>l'image des différents modes de traitement de fond / crise</i>	Bleu	Rouge / orange	Violet	Ne sait pas			

Jeux

## 4 Options initialement prévues dans la conception KidBreath

### 4.1 SMS de rappel

Cette option devait être intégrée dans l'application KidBreath pour plusieurs raisons. Tout d'abord, en l'intégrant à des mécaniques de gamification appelées « *call to action* » (définies en 2.3.3) afin d'amorcer le comportement d'utilisation de l'outil et éviter que les enfants n'oublient d'y jouer dans le cadre des études utilisateur (ce qui au final s'est confirmé sans cette option). D'autre part, grâce aux bénéfices qu'elle apporte dans le cadre de l'observance thérapeutique, dont les études ci-dessous détaillent l'intérêt de prendre en compte ce module.

Dans le monde, 4.1 milliards d'individus possèdent un téléphone portable, dont 3.05 milliards qui utilisent les SMS. C'est l'outil de communication le plus utilisé, loin devant les mails et messagerie instantanée (The Pew Research Center's Internet & American Life Project). C'est également l'outil de communication préféré pour être contacté par un médecin (Challenor & Deegan, 2009). Plusieurs études ont montré que le rappel de prise de traitement par SMS pouvait influencer l'observance au traitement (Armstrong et al., 2009; Heneghan et al., 2006).

- Pour les diabétiques, l'étude de Chulsik (Chulsik et al., 2007) envoyait des SMS automatisés d'évaluations, de recommandations, d'encouragements et de compliments suivant les données du glucomètre et du pedomètre que le patient branchait sur le téléphone quotidiennement. Non seulement les patients vérifiaient plus souvent leur taux de glucose, mais ils adhéraient mieux au régime de traitement.
- Dans le projet *WellTel Kenya1* (Lester et al., 2010) les infirmières envoyaient un SMS tous les lundis matins pendant un an aux patients atteints de VIH sous thérapie antirétrovirale pour leur demander leur état de santé. Si le patient répondait qu'il avait un problème ou s'il ne répondait pas dans les 48h, le clinicien appelait ensuite les patients. Par auto-rapports, l'étude a montré que cette méthode avait permis d'améliorer de 12% l'adhésion à la thérapie et avait permis une diminution significative de la charge virale par rapport aux patients contrôles au bout d'un an (57% avaient une charge virale en-dessous de 400 copies/mL contre 48%). Dans une étude similaire (Dowshen, Kuhns, Johnson, Holoyda, & Garofalo, 2012), les patients sous thérapie antirétrovirale ont reçu des SMS de rappel personnalisés quotidiennement, ainsi qu'un message de suivi une heure plus tard demandant s'ils ont bien pris leur médicament, et de répondre 1) s'ils l'ont pris, 2) sinon. Les auto-rapports ainsi que les biomarqueurs d'observance ont révélé une amélioration sur la faisabilité, l'acceptabilité et l'efficacité de ce service, ainsi qu'une amélioration des biomarqueurs.
- Au niveau des patients asthmatiques, une étude danoise (Strandbygaard, Thomsen, & Backer, 2010) a étudié l'impact de la réception d'un SMS de rappel quotidien (à 10h) sur l'adhésion au traitement de l'asthme (corticostéroïdes inhalés à prendre deux fois par jour). Le SMS en question était sous le forme : « *N'oubliez pas de prendre votre médicament contre l'asthme le matin et le soir. De la part de l'Unité Respiratoire* ». Les résultats ont montré une augmentation de 17.8% à l'adhésion au traitement sur une période de 12 semaines. Une étude britannique a confirmé cette amélioration du taux d'adhésion aux corticostéroïdes inhalés grâce à l'utilisation de SMS personnalisés (+ 10%) (Petrie, Perry, Broadbent, & Weinman, 2012). Dans l'article de Neville & al., (Neville, Charnock Greene, McLeod, Tracey, & Surie, 2002), les auteurs ont voulu évaluer la sécurité, fiabilité, acceptabilité et efficacité d'un service d'envoi de SMS qui consistait à rappeler

quotidiennement l'utilisation de l'inhalateur, à donner des conseils d'éducation en santé, et des messages de sécurité en utilisant un jargon contemporain et envoyé par « un ami virtuel asthmatique » nommé Max. Les résultats ont non seulement été probants (bonne acceptabilité), mais l'observance a été également améliorée (via des groupes de discussion avant et après l'étude).

- Chez les enfants ayant subi une transplantation hépatique (Miloh et al., 2009), l'étude a rapporté une amélioration de l'adhésion (diminution des fluctuations moyennes de l'immunosuppresseur de 3.46 µg/L un an avant l'étude à 1.37 µg/L), menant à une réduction des rejets chez de jeunes patients (le nombre de patients qui avaient dépassé le seuil de rejet (2.5 µg/L) est passé de 24 à 6) ayant reçu des SMS de rappel de la forme : « *Prenez [nom du médicament : Prograf] à [heure prescrite : 9h]. Pour confirmer sa prise, appuyez sur « Répondre », tapez « Care 1 », puis appuyez sur « Envoyer »* ». L'heure et le temps de réponse étaient prédéfinis avec le médecin (entre 15 minutes et une heure). Si le patient n'a pas répondu, un SMS est ensuite envoyé à l'aidant (parent), indiquant que le patient n'a pas répondu : « *[nom du patient : Joe] n'a pas pris son médicament Prograf à 9h. Merci d'appeler Joe au [n° portable de Joe]* ».
- Dans l'étude anglaise *Txt2Stop* (Free et al., 2011), les chercheurs ont évalué le taux d'abstinence sur 6 mois parmi les sujets qui essayaient d'arrêter de fumer, avec un groupe qui recevait des SMS de motivation et de soutien de changement comportemental, et un groupe contrôle. Les résultats ont montré que le premier groupe avait un taux d'abstinence deux fois supérieur au deuxième groupe (10.7 vs. 4.9%).
- Dans une recherche plus globale concernant les patients atteints de pathologie chronique (Foreman et al., 2012), les auteurs ont évalué l'impact de l'envoi d'un SMS de rappels de prise de médicaments spécifiques avec des dosages spécifiques correspondant aux rappels des réclamations de pharmacie pour le même médicament. Ils ont trouvé que parmi ces patients, 85% d'entre eux étaient adhérents à leur régime de traitement par voie orale, contre 77% parmi les sujets contrôles. Les résultats ont été particulièrement frappants chez les patients à qui on a prescrit un médicament antidiabétique oral (91% vs. 82%) ou un bêtabloquant (88% vs. 71%). De plus, l'utilisation de ce système de rappel aide à préserver des taux plus élevés d'observance au fil du temps.
- Enfin, *Healthy-TXT* (Mehta & Mandala, 2012) est une plateforme personnalisable qui permet aux utilisateurs, de recevoir des messages automatisés sur des cas allant d'un nouveau diagnostic (diabète) à la prise d'un nouveau médicament (programme d'usage de stupéfiants en toute sécurité). Les messages peuvent être envoyés par mail ou SMS (jusqu'à 160 caractères, avec en lien une page web, un fichier PDF ou un lien vidéo). Cette plateforme est utilisée pour éduquer les patients après des procédures chirurgicales (ligaments croisés antérieurs, etc.) et pour les aider sur des épisodes de douleur. Par exemple, cette plateforme a lancé une campagne pour éduquer des jeunes footballeurs sur des symptômes de commotion cérébrale et comment demander de l'aide. Elle a également servi pour envoyer des conseils parentaux, des outils et des rappels. L'expérience utilisateur s'est révélée positive. Elle a en effet montré que la plateforme, qui répondait aux questions généralement posées après une chirurgie dans des messages automatiques, faisait gagner du temps pour le praticien et le personnel tout en augmentant la satisfaction du patient, et entraînait une diminution des demandes de patients et une augmentation de leur satisfaction.



## 4.2 Vidéos pédagogiques d'utilisation de l'inhalateur selon le type

Cette section est associée au formulaire d'inscription, partie « Mon Asthme » qui restait à développer dans le cahier des charges précédemment détaillé. En cliquant sur le(s) type(s) d'inhalateur que l'enfant prenait comme traitement (et non pas la *nom* du traitement pour des raisons de propriété intellectuelle), KidBreath devait proposer une activité détaillant de façon précise et explicite la façon dont le dispositif devait être pris afin d'optimiser les effets thérapeutiques. Ces vidéos ont été scénarisées en se basant sur les techniques rétroactives utilisées en ETP lorsque nous participions aux ateliers lors de la Conception Participative (voir partie empirique). Les story boards qui ont été créés relatent lesdits scénarios, qui n'ont pas pu être implémentés dans le cadre de la thèse mais qui pourrait être un module de développement intéressant dans une version ultérieure, étant donné les problématiques des effets iatrogènes de ces dispositifs qui sont principalement dû à une utilisation incorrecte de ces outils.

Outre les explications d'utilisation qui diffèrent selon le dispositif utilisé, chaque scénario de vidéo est identique :

- **Etape 1** : l'assistant pose la question de façon orale et écrite.
- **Etape 2** : l'enfant clique sur « démarrer » : la webcam s'enclenche, il doit alors prendre son inhalateur (placébo) tout en étant filmé (filmé en local, aucun enregistrement n'est effectué en ligne).
- **Etape 3** : l'enfant clique sur « j'ai fini » : la webcam s'éteint. L'enfant a alors le choix : soit il n'est pas sûr de sa prestation et veut recommencer, soit il clique sur « enregistrer ».
- **Etape 4** : l'enfant clique sur « lancer ma vidéo » afin de regarder sa performance : il s'agit du film que l'enfant a fait à l'étape 2.
- **Etape 5** : il s'agit d'un QCM. Le personnage propose trois vidéos : une où un acteur utilise de façon correcte l'inhalateur précédemment manié par l'enfant, et deux vidéos qui sont des leurres (utilisation d'autres dispositifs d'inhalation). L'enfant doit alors cliquer sur la vidéo qui correspond à son propre dispositif.
- **Etape 6** : après avoir cliqué sur une des vidéos puis sur « Valider », le personnage fournit un feedback instantané vérifiant si la réponse est correcte ou non.
- **Etape 7** : la vidéo associée à la bonne réponse s'affiche. A chaque étape, le personnage met la vidéo sur « pause » et explique comment prendre correctement l'inhalateur (étapes différentes selon le dispositif).
- **Etape 8** : le personnage demande à l'enfant de recommencer l'étape 2 en cliquant sur « Démarrer ».
- **Etape 9** : une fois la webcam activée, l'enfant peut recommencer à utiliser l'inhalateur, sauf que cette fois il est guidé par la vidéo « démo » qu'il venait de visionner. Cette vidéo marque une pause à la fin de chaque étape préalablement explicitée pour que l'enfant vérifie s'il les réalise toutes.
- **Etape 10** : idem que l'étape 3 : peut recommencer ou enregistrer sa prestation.
- **Etape 11** : idem que l'étape 4 : visionnage de sa prestation en différé et peut comparer avec la vidéo « démo » affichée à côté.
- **Etape 12** : s'il n'est pas satisfait de sa performance il peut recommencer (retour étape 9). Sinon il valide et l'activité est terminée.

Ci-dessous un exemple de story-board pour le dispositif « Autohaler ».

Les story-boards ont également été définis pour les inhalateurs de type : Spray, Turbuhaler, Diskus, Novolizer, Easyhaler, Clickhaler, Respimat, Breezhaler, Nexthaler, Twisthaler, Spiromax, Ellipta, Blecojet.

QU1

1 ?

Dis comment tu prends ton médicament quand tu as une crise d'asthme d'habitude ? Clique sur démarrer pour que je voie comment tu fais !

Démarrer

Assistant qui pose la question (déjà affichée).  
Quand clique sur démarrer : webcam s'enclenche et l'enfant se voit filmé en train de prendre son traitement de crise.

2

J'ai fini

Quand clique sur démarrer : webcam s'enclenche et l'enfant se voit filmé en train de prendre son traitement de crise.

3

Recommencer Enregistrer

Clique sur « j'ai fini » : webcam s'éteint et vidéo s'éteint (écran noir) → recommencer (webcam se relance) ou terminer (enregistrement)

4

Ok Maintenant regardons ensemble comment tu fais !

Lancer ma vidéo

Clique sur « lancer ma vidéo » : film ce que l'enfant a fait à l'étape 2/ bouton se change en « suivant »

QU3

5 ?

Maintenant tu vas voir d'autres copains asthmatiques qui prennent leur médicament quand ils ont une crise d'asthme. D'après toi quel est celui qui prend le même médicament que toi ?

Vidéo 1 : (Spray) Vidéo 2 : (Turbuhaler) Vidéo 3 : (Autohaler) Ne sait pas

Valider

Clique sur suivant :  
Clique sur une vidéo (capture d'écran avec bouton play) : lancement de la vidéo et agrandissement de l'écran (croix pour fermer). Clique sur le bouton du titre pour cocher la réponse (dévient verte)

6

Exact !

Assistant et « Exact ! » qui arrivent en même temps après avoir cliqué sur « Valider ».  
Musique de victoire.

6

Tu y étais presque !

Assistant et « Tu y étais presque ! » qui arrivent en même temps après avoir cliqué sur « Valider ».  
Pas de musique.

7

Quand tu prends ton médicament quand tu as une crise d'asthme, il y a plusieurs étapes :

1. D'abord retire le chapeau de l'inhalateur,
2. Ensuite agite l'inhalateur,
3. Tiens l'inhalateur verticalement, avec le bout où tu vas mettre la bouche vers le bas,
4. Soulève le levier,
5. Vide tes poumons,
6. Met le bout dans la bouche,
7. Respire en faisant rentrer de l'air avec l'inhalateur toujours dans la bouche
8. Enlève l'inhalateur et retient ta respiration pendant 8 secondes,
9. Respire normalement
10. Baisse le levier et remet le chapeau sur l'inhalateur.

Lancement de la vidéo de bonne réponse qui s'affiche en même temps qu'il les énonce. Arrêt sur image pour chaque étape.

4 Options initialement prévues dans KidBreath

QU3

8 ?

Maintenant que tu as vu ton copain le faire, essaie de faire comme lui !

Démarrer

Assistant qui pose la question (déjà affichée).  
Quand clique sur démarrer : webcam s'enclenche et l'enfant se voit filmé en train de prendre son traitement de crise.

9

1) D'abord retire le chapeau de l'inhalateur

Arrêter

Quand clique sur démarrer : webcam s'enclenche et l'enfant se voit filmé. Vidéo de démo se lance et s'arrête à chaque étape pendant x secondes, qui servent à l'enfant pour refaire le geste (cf Dora).

10

Recommencer l'étape  
Recommencer depuis le début

Enregistrer

Clique sur arrêter : webcam s'éteint (écran noir) et vidéo démo se met en pause → recommencer depuis l'étape précédente ou depuis le début (webcam se relance) // enregistrer (enregistrement de la vidéo que l'enfant a faite en fonction des tapes)

11

Ok Maintenant regardons ensemble comment tu fais par rapport à ton copain !

Lancer les vidéo

Clique sur enregistrer. Assistant qui parle de comparer les différentes étapes entre démo et la vidéo de l'enfant. Quand clique sur lancer les vidéo : les 2 s'activent en même temps et s'arrêtent 5 secondes après chaque étape effectuée → l'enfant visualise ainsi mieux s'il fait comme la démo ou non. Le bouton se change en « arrêter » / s'il ne clique pas sur « arrêter », le bouton se change en « suivant » après la visualisation.

QU3

12

Recommencer ma vidéo

J'ai fait comme mon copain : suivant

Si clique sur recommencer la vidéo : « es-tu sûr de vouloir recommencer ta vidéo ? » → retour à l'étape 9

13

Bravo tu sais prendre ton pshiiit spécial crise d'asthme super bien maintenant !!

Suivant

Passer à une autre question quand clique sur suivant

Rq : liste traitements de crise

- Airomir Autohaler
- Maxair Autohalair