



**HAL**  
open science

# Conception participative et évaluation d'un serious game pour les enfants asthmatiques

Alexandra Delmas

► **To cite this version:**

Alexandra Delmas. Conception participative et évaluation d'un serious game pour les enfants asthmatiques. 29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, AFIHM, Aug 2017, Poitiers, France. 12 p., 10.1145/3132129.3132145 . hal-01578648

**HAL Id: hal-01578648**

**<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01578648>**

Submitted on 29 Aug 2017

**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.

# Conception participative et évaluation d'un serious game pour les enfants asthmatiques

## *Serious Game's Participatory Design and Evaluation for asthma kids*

Alexandra Delmas  
Inria Bordeaux Sud-Ouest  
200, avenue de la Vieille Tour  
33405 Talence, France  
alexandra.delmas@inria.fr

### ABSTRACT

The study described in this paper highlighted the participatory design process (PD) in the context of asthma e-learning. First, we described global process to design this tool named KidBreath. Second, we evaluated in two Year 4 classes its efficacy in a motivation way, usability, disease knowledge and interests of children by their system. Results showed, in acceptance with behaviors, high level of intrinsic motivation when using KidBreath, usability and enjoyment of edutainment activities. This pilot study tends to confirm to continue with this approach with asthma kids at home.

### CCS CONCEPTS

• **Computer systems organization** → **Embedded systems; Redundancy; Robotics** • **Networks** → **Network reliability**

### KEYWORDS

Participatory Design, Usability, Literacy, Asthma, Therapeutic Education.

### RÉSUMÉ

L'étude décrite dans cet article met en exergue l'intérêt d'une approche de conception participative (CP) dans le cadre d'un apprentissage en ligne sur l'asthme pour les enfants. Après avoir décrit l'ensemble de la démarche pour la conception de cet e-learning nommé KidBreath, nous évaluons dans 2 classes de CE2 son efficacité au niveau motivationnel, utilisabilité, connaissance sur la maladie et émergence de l'intérêt que les enfants y portent à travers la curiosité qui en émerge. Les résultats, probants aux comportements observés, montrent un

haut niveau de motivation intrinsèque pour utiliser l'outil, un fort taux d'utilisabilité et une grande satisfaction des activités ludo-éducatives. Cette étude pilote nous confirme de continuer dans cette approche en testant le système notamment auprès des enfants asthmatiques sur du moyen terme.

### MOTS-CLEFS

Conception Participative, Utilisabilité, Littératie, Asthme, Education thérapeutique.

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 Contexte

En 2006, la dernière étude nationale a révélé que plus de 4,15 millions de personnes étaient asthmatiques en France, ce qui représente 6,7% de la population [1]. Cette maladie chronique a généré près de 43 000 hospitalisations entre 2005 et 2007 [2] et encore aujourd'hui, elle reste responsable de plus de 1000 décès par an [3]. Il s'agit de la première maladie chronique chez l'enfant car plus de 10% en sont atteints [4]. Sa fréquence et sa gravité ne cessant d'augmenter depuis les années 2000 à cause de l'augmentation de la pollution, de la surprotection hygiénique qu'ont les parents envers leurs enfants et de la baisse de diversité environnementale, cela en fait un réel problème de santé publique en France.

L'une des causes de ces nombreuses hospitalisations est due aux effets iatrogènes des traitements, et notamment au manque d'observance thérapeutique. Il s'agit du degré avec lequel un patient suit son traitement tel que le médecin le lui a prescrit (durée, dose du médicament, exercice...) [5]. Selon Lamouroux & al., ce terme est connoté assez péjorativement auprès des patients, car il sous-entendrait qu'il y ait des « bons » et des « mauvais » patients [6]. De plus, l'observance décrit un comportement, qui est la partie visible, objectivable et mesurable de cette pratique de soin, comme effectuer le DEP (Débit Expiratoire de Pointe : mesure le degré d'obstruction des bronches), le comptage de doses, etc. En étudiant la dichotomie des différents termes et leur signification dans les pays anglo-saxons, il propose plutôt le terme « d'adhésion » thérapeutique, qui renvoie alors « 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

---

© ACM, 2017. This is the author's version of the work. It is posted here by permission of ACM for your personal use. Not for redistribution. The definitive version was published in Actes de la 29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme- Machine, IHM'17, August 28–September 1, 2017, Poitiers, France  
<https://doi.org/10.1145/3132129.3132145>

thérapeutique ». On estime alors que chez les enfants asthmatiques, seulement 50% d'entre eux prennent leurs traitements comme le médecin leur a prescrits (durée, doses, ...) et adoptent des comportements sanitaires pour éviter les facteurs déclenchants [7,8]. De plus, 26% ne contrôlent pas leur asthme, c'est-à-dire qu'ils peuvent avoir une crise à n'importe quel moment [9].

## 1.2 État de l'art

Pour augmenter ce fameux taux d'adhésion, plusieurs stratégies ont été mises en place comme les programmes d'éducation thérapeutique qui servent à améliorer les connaissances et la gestion de la maladie selon des critères bien établis par la Haute Autorité de Santé (HAS) [10]. Ces ateliers sont composés d'une seule séance, et sont individuels ou en groupe. Un unique suivi est effectué par un appel téléphonique un an après l'atelier. L'avantage de ce type de programme est qu'il permet une éducation personnalisée avec des interactions directes avec les patients et les familles. Cependant, ce sont généralement les médecins spécialistes qui proposent ce type d'atelier, et peu de familles y participent car elles habitent souvent loin des centres qui les proposent.

Face à l'impact motivationnel des jeux vidéo chez les plus jeunes, les premiers « serious games » ont commencé à émerger au début des années 1980, mais c'est réellement au début des années 2000 que les jeux se sont spécialisés dans le cadre de maladies ou de traitements chroniques face aux problématiques de santé auxquelles ils sont rattachés. Pamela Kato [11] a fait la liste des serious games ayant bénéficié d'une conception basée sur les théories cognitives et d'une évaluation scientifique dans ce domaine :

- *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 pansements chez les grands brûlés. Il a été montré que l'immersion dans la RV a diminué de 20% la perception de la douleur comparé à l'intervention d'analgésiques.

- *Packy & Marlon* [12]. L'histoire parle de deux éléphants qui sont dans un camp d'été pour diabétiques. 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 6 mois, les enfants montraient une meilleure estime de soi pour la gestion de leur diabète, ce qui se ressentait sur leur comportement (surveiller régulièrement leur taux de glucose ...).

- *Re-Mission* [13]. 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. Il combat également les effets secondaires des traitements comme les nausées, la douleur, les infections. Après y avoir joué pendant 3 mois, il a été prouvé que les jeunes patients prenaient mieux leur traitement chronique, avaient une meilleure connaissance sur le cancer et présentaient une meilleure estime de soi.

- *Bronkie the Bronchiasaurus* [12] est un jeu vidéo Nintendo qui a été conçu pour les enfants asthmatiques. L'histoire se

passé dans la préhistoire où le monde est rempli de poussière. Un ventilateur qui repousse la poussière a été cassé. Les joueurs qui peuvent jouer 2 personnages, soit Bronkie soit Trakie, doivent éviter les crises d'asthme en évitant le contact avec la poussière et la fumée pendant qu'ils poursuivent leur quête. Ils doivent également répondre correctement à des questions s'ils veulent progresser. Une série d'étude sur ce jeu a montré chez les enfants une amélioration dans les connaissances, l'auto-efficacité et les comportements de soin.

- *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.

Comme nous pouvons le constater, peu de serious games ont fait l'objet d'études scientifiques concernant leur efficacité au niveau connaissance et gestion dans la vie quotidienne, d'autant plus sur du moyen/long terme dans les maladies nécessitant un traitement chronique [12-16]. Dans le cadre de l'asthme chez les enfants, seul *Bronkie the Bronchiasaurus* ressort et il date de 1995. Nous n'avons par ailleurs pratiquement aucune information concernant leur méthodologie de conception, ce qui est un frein si nous souhaitons généraliser cette méthodologie à l'ensemble des maladies chroniques.

Bien que certaines études parlent d'estime de soi, les évaluations ne se focalisent généralement que sur l'observance, c'est-à-dire sur le comportement, les actions physiques que l'on peut mesurer et non sur l'adhésion cognitive et psychologique, nécessaires à un changement comportemental à long-terme. En effet, selon le Health Belief Model [17], un individu adopte un comportement de prévention ou observe un comportement de soin s'il est conscient de la gravité du problème, s'il se sent concerné, si le comportement à adopter présente pour lui plus d'avantages que d'inconvénients et s'il croit qu'il est capable de le réaliser. En d'autres termes, parmi les multiples causes qui peuvent influencer une non-adhésion thérapeutique dans le cadre d'une maladie chronique, celles qui influencent l'adhésion des enfants sont, entre autres, une mauvaise estime de soi (impactant la motivation à être adhérent), un faible sentiment d'efficacité personnelle (être capable de s'engager à un processus de bonne santé) [18], eux-mêmes liés aux connaissances initiales liées à la maladie [12,19,20]. En prenant en compte l'ensemble de ces facteurs, on peut parler plus généralement de littératie en santé comme facteur entraînant une mauvaise adhésion [21]. Selon l'OMS (Organisation Mondiale 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 en soi pour effectuer une action afin d'améliorer la santé en

changeant les styles de vie personnels et les conditions de vie, critiques dans le cadre de l'autonomisation du patient [22].

### 1.3 Projet KidBreath

Face au manque d'information concernant les méthodologies de conception des serious games pour l'éducation thérapeutique des enfants asthmatiques, nous avons voulu concevoir un modèle de conception d'outil numérique qui pourrait être applicable à l'ensemble des maladies chroniques pour un usage en autonomie, étant donné la problématique de santé publique auxquelles elles sont rattachées. Pour cela, nous avons voulu combiner les techniques utilisées en face-à-face lors des ateliers d'éducation thérapeutique, eux-mêmes conçus en utilisant des modèles de base génériques élaborés et validés par la HAS, avec l'impact motivationnel qu'engendre l'utilisation d'un serious game chez les enfants, innovant jusqu'à présent.

Dans les faits, l'équipe Inria Flowers et la société ItWell SAS situés à Bordeaux (33) ont créé une plateforme d'apprentissage, nommée KidBreath, où des activités liées à l'asthme (quiz, jeux, vidéos) sont proposées aux enfants asthmatiques entre 8 et 10 ans. Dans un souci de démarche centrée utilisateur, nous nous sommes rapidement orientés vers la méthode de Conception Participative (CP) [23,24,25]. Cette démarche consiste à développer un outil, process ou projet incluant tous les usagers, directs (ici les enfants asthmatiques) ou 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 s'est réellement intéressée aux effets qu'elle pouvait entraîner dans le contexte des serious games pour l'éducation thérapeutique chez les enfants.

Pour notre projet, un partenariat a ainsi été signé avec le Centre d'Education Thérapeutique de Bordeaux Aquitaine (CETBA), où experts médicaux et jeunes patients ont participé à la conception de ces activités ludo-éducatives. Une centaine de questions de type quiz et QCM (Question à Choix Multiple), une dizaine de jeux et 18 vidéos ont ainsi été élaborés, validés par l'équipe d'experts, vérifiés auprès des enfants asthmatiques et améliorés si besoin selon les retours de façon itérative.

Après avoir expliqué plus en détail la démarche de CP dans le cadre de notre projet KidBreath, l'étude décrite ci-dessous consiste à mettre en évidence l'impact qu'elle peut générer dans un cas pratique comme le nôtre, avec une problématique de santé publique.

## 2 MÉTHODE DE CONCEPTION

### 2.1 Revue de la littérature

La Conception Participative (CP) correspond aujourd'hui à un processus de conception de systèmes interactifs qui implique les utilisateurs dans l'ensemble du processus de développement [26,27]. Il s'agit d'une approche issue des Conceptions Centrées Utilisateurs (CCU), démarche clé dans le

cadre d'une Interface Homme-Machine ergonomique [28]. Souvent rejetée dans le milieu industriel car trop coûteuse, cette tendance s'inverse [27] car les technologies déployées sont généralement abandonnées, pour la simple et bonne raison qu'elles ne sont pas adaptées aux usages réels. Ayant déjà montré son efficacité dans le développement des Interactions Homme-Machine (IHM) [25,29], la démarche de conception participative s'est étendue peu à peu, notamment dans le cadre de la santé, allant des systèmes d'information en santé [28,30,31] aux applications mobiles pour la prévention sanitaire des populations rurales [32], en passant par le développement de dossiers médicaux électroniques mobiles [33].

### 2.2 Application

En voulant appliquer ce principe dans notre contexte, nous avons remarqué qu'il existait un grand nombre de méthodes et d'outils pour mettre en œuvre un tel processus, similaires aux démarches centrées utilisateurs. Quelques règles de base pour la mise en œuvre sont définies par la norme ISO 13407 « Processus de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs ». Spinuzzi a proposé une méthodologie dans cette approche de CP [29]. 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 ;
- Production d'idées ;
- Conception et prototypage ;
- Evaluation des conceptions.

Nous allons détailler comment nous avons adapté ces étapes de conception dans notre projet.

**2.2.1 Analyse des besoins.** Le cycle de conception participative commence avec l'analyse des besoins et des activités des utilisateurs. La norme ISO-16982 propose par exemple des méthodes d'observation des utilisateurs, des questionnaires, des interviews, ou encore l'étude des documents disponibles. En suivant cette approche, la première étape a dans un premier temps été la création de scénarios pédagogiques (activités ludiques liées à l'asthme) basés sur les recommandations de la HAS pour améliorer les connaissances et la gestion de l'asthme en Education Thérapeutique du Patient (ETP) [34]. Cette première base a ensuite été améliorée et approfondie par l'analyse du besoin et la production d'idées lors d'ateliers d'ETP auxquels nous avons participé au CETBA. Après avoir reporté les expériences que vivaient les enfants avec leur maladie, exprimées lors des ateliers, nous les avons interviewés à la fin des séances pour comprendre, dans la vie quotidienne, comment les enfants ressentaient leur maladie, mais également toutes les choses qu'ils souhaitaient savoir sur leur maladie, leur environnement et leur traitement. Nous avons procédé aux mêmes questionnements auprès d'adultes asthmatiques qui sont atteints de la pathologie depuis leur plus jeune âge. Il nous est en effet apparu pertinent de prendre en compte leur vécu, car contrairement aux enfants, ils avaient le recul nécessaire pour déterminer ce qu'ils auraient aimé savoir à l'époque pour mieux connaître et mieux gérer leur maladie. 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 HAS, mais également

les informations qu'ils souhaitaient connaître. Selon les critères HAS, ces informations étaient catégorisées selon quatre thématiques :

- Biomédicales : anatomie / physiologie respiratoire / mécanismes de la maladie ;
- Symptômes : reconnaître les symptômes de l'asthme / signes de gravité / croyances / conceptions ;
- Connaissances générales : facteurs déclenchant / recommandations / vie quotidienne / croyances ;
- Traitements : connaissances sur les traitements de l'asthme / les différents types / dans quels cas les utiliser / rôles et modes d'action / conduite à tenir en cas de crise / présence signes de gravité.

**2.2.2 Production d'idées.** Dans une deuxième phase du processus, il est utile de mettre en pratique des méthodes de créativité, comme par exemple le brainstorming (ISO 16982), afin de produire des idées de solutions. Dans un souci d'amélioration des connaissances pour impacter la littératie en santé, les éléments d'information relevés dans l'étape précédente ont été mis 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 que l'utilisateur a accès à une correction avec les éléments d'information à savoir, qu'il ait juste ou faux (peut avoir répondu au hasard). Une 4<sup>ème</sup> 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, ...). Ces vidéos ont été créées pour en savoir un maximum sur leur maladie, car il a été relevé que les enfants asthmatiques adoptaient cette stratégie de coping [35-37]. Avant implémentation, ces scénarios ont été présentés sous forme de story boards et de mocks ups, qui sont des techniques de prototypage rapide à mettre en place et à valider avant développement [38]. De façon itérative, ces scénarios ont été présentés, repensés, améliorés et validés via des réunions de brainstorming composées d'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. Ces brainstormings ont permis de mettre en place une base de scénarios pédagogiques améliorés et validés médicalement.

**2.2.3 Prototypage.** Pour cette troisième phase, il existe de nombreuses possibilités. La plus courante est d'utiliser des prototypes basse-fidélité. Ceux-ci sont 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. Pour la réalisation de ces prototypes, le concepteur a le choix entre plusieurs méthodes. Celles-ci reposent souvent sur l'utilisation de contenus visuels. Dans notre projet, parce que plus un système sera facile d'utilisation et plus les objectifs seront atteints avec efficacité, efficacité et satisfaction (ISO 9241-11), 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 CCU [39], mais également

ceux de gamification (utilisation de mécaniques de jeux pour améliorer la motivation et changer à long terme les comportements) qui, dans le cadre d'une interface d'apprentissage pour les enfants, doivent avoir une place prépondérante [40]. Dans le cadre de notre approche de CP, elles 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 de CE2) [41]. Nous avons par exemple 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. 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 qui faisait peur, ce qui a abouti à la troisième version (bas).



**Figure 1 : 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 4 parties principales : « Mon Voyage », « Je Découvre la Galaxie », « Mon Journal de Bord » et « Mon Profil ».



**Figure 2 : Page « Mon voyage ».**

« 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 2). Afin de faciliter la compréhension de ces activités 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).



**Figure 3 : Exemple d'une devinette de la page « Mon Voyage ».**

« *Je découvre la galaxie* » : vidéos d'animation conçues pour que les enfants asthmatiques en sachent un maximum sur leur pathologie. Elles se présentent de deux façons :

- « *1 jour – 1 idée* » traite des questions ayant été réellement posées par des enfants asthmatiques et répondues dans la vidéo avec les conseils associés (ex : « Est-ce que l'asthme dure toute la vie ? »).

- « *Le savais-tu* » parle des situations de la vie quotidienne des enfants asthmatiques, avec les contraintes potentielles liées à l'asthme associées à ces situations, et les conseils pour éviter que ces situations deviennent contraignantes (ex : « La pollution augmente le risque de rhume des foies »).

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.

**2.2.4 Evaluation.** La quatrième partie concernant l'évaluation de l'interface prototypée par rapport aux exigences peut être mise en place de nombreuses façons, mais la plus pertinente à réaliser reste les tests utilisateurs [42] car le prototype interactif KidBreath a été implémenté dans un premier temps avec un échantillon pris dans la base de données des scénarios pédagogiques créés en CP, constitué alors de 10 quiz et QCM, 4 mini-jeux et 9 vidéos. Les tests utilisateurs permettent d'évaluer l'utilisabilité d'une interface, en particulier d'un système logiciel. Le but n'est pas de tester les théories relatives au comportement humain, mais plutôt de trouver les problèmes liés à la construction du système et de tester l'adéquation de la solution créée [43]. Dans notre cas, les tests se sont effectués dans plusieurs classes de CE2, où pendant 2 x 10 min les élèves ont joué à notre set d'activités. Pour effectuer ces tests, nous avons reçu l'accord du Comité Opérationnel d'Évaluation des Risques Légaux et Éthiques (COERLE) de l'INRIA ainsi que l'enregistrement à la CNIL des bases de données utilisées. S'agissant 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'Éducation Nationale, de la direction des écoles où s'effectuaient les tests ainsi que celui des parents ont été obtenus. Durant ces tests, les évaluations ont pris en compte la facilité d'utilisation du système au travers du System Usability Scale (SUS) qui a été reformulé pour l'étude [44]. Cette échelle de Likert à 5 points

consiste à noter le degré de satisfaction et de facilité d'utilisation de l'outil selon le besoin (ex : « Je pense que j'aimerais utiliser ce site internet souvent »). La deuxième évaluation portait sur le degré de motivation à utiliser l'outil via un questionnaire initialement créé par Cordova & Lepper [45] dans le cadre d'une interface pour apprendre les mathématiques. Il mesure ainsi, sur une échelle de Likert à 7 points, le degré de satisfaction quand l'enfant joue sur l'outil évalué (ex : « J'ai aimé jouer sur le site KidBreath »), mais aussi sa préférence par rapport à des références qu'il a l'habitude d'utiliser (ex : « J'ai trouvé que le site KidBreath était ... que ma matière préférée à l'école »). Ce questionnaire, qui reprend les mêmes questions, a été adapté pour l'utilisation du système KidBreath. Ces deux questionnaires ont été passés dans deux conditions de classe : une où les élèves pouvaient choisir n'importe quelle activité ludo-éducative (quiz, jeu, vidéo) et une condition où les activités s'affichaient de façon aléatoire, où les élèves devaient la terminer avant de passer à la suivante.

Dans les résultats observationnels, en cohérence avec ceux relevés dans les questionnaires, 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 [46,47].

Les retours enregistrés ont ainsi permis d'améliorer l'interface des activités d'apprentissage préliminaires qui avaient été implémentées en première version. Dans le contexte de la CP, l'itération des études d'utilisabilité reste primordiale, car depuis ces tests utilisateurs, l'ensemble des scénarios créés en amont ont été implémentés, adaptés et validés par les experts. L'étude que nous allons décrire dans la partie suivante consiste en l'étude pilote du prototype final KidBreath composé cette fois de 124 quiz et QCM, 10 jeux et 18 vidéos d'animation qui ont été validés scientifiquement et dont les thématiques et les niveaux de difficulté ont été établis par l'équipe d'experts lors des réunions brainstorming. Catégorisés également dans l'interface KidBreath, les thématiques, basées sur celles de la HAS, ont été adaptées pour être compréhensibles pour les enfants : Biomédicales/Mon corps – Symptômes/Mes signes – Connaissances générales/P'tits trucs pour moi – Traitements/Mes médicaments (voir Figure 2). Cette étude préliminaire aura pour but de montrer l'intérêt d'une telle démarche notamment dans la motivation à utiliser l'outil, l'utilisabilité et la satisfaction associée en jouant à KidBreath.

### 3 ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE

#### 3.1 Population

**3.1.1 Échantillon.** Compte-tenu des contraintes liées aux déplacements à domicile des familles d'enfants asthmatiques dispersées sur toute l'académie de Bordeaux qui avaient été recrutées par le CETBA et les experts médicaux, nous avons

opté pour une étude au sein des écoles du secteur proche de Bordeaux. La direction d'un établissement public de l'académie de Bordeaux (33) a ainsi accepté que les passations se fassent :

- Dans une classe de CE2 composée de 24 élèves âgés entre 8 et 9 ans (Groupe 1) ;
- Dans une seconde classe de CE2 composée de 14 élèves âgés entre 8 et 9 ans (Groupe 2).

### 3.1.2 Critères d'inclusion.

- Enfants nés entre 2007 et 2008.
- Enfants sachant utiliser un ordinateur.
- Enfants scolarisés.

### 3.1.3 Critères d'exclusion.

- Enfants ne maîtrisant pas le français.
- Enfants ayant des altérations cognitives particulières.
- Enfants n'ayant jamais utilisé un ordinateur ou une tablette.
- Enfant ne maîtrisant pas la lecture ni l'écriture.

Dans la première classe, il est apparu qu'un élève ne savait pas lire, il a donc été exclu de l'étude. Dans la seconde, un élève a été absent la première semaine, il a donc été exclu de l'étude également.

### 3.1.4 Ethique. Accords obtenus par :

- le Comité Opérationnel d'Evaluation des Risques Légaux et Ethiques (COERLE) de Inria (n°2016-010) ;
- la Direction des Services Départementaux de l'Education Nationale ;
- la direction des écoles où s'effectuaient les tests ;
- les parents des enfants qui ont utilisé KidBreath.

Bases de données enregistrées à la CNIL.

## 3.2 Méthodes et mesures

**3.2.1 Hypothèses. Connaissances.** Après avoir joué à la partie « Devinettes » de KidBreath pendant une semaine, les enfants retiennent significativement plus d'informations sur la maladie.

**Curiosité.** Après avoir joué à l'ensemble des activités de KidBreath pendant deux semaines, les enfants montrent un intérêt significatif envers l'outil, caractérisé par des questions qu'ils expriment.

**Motivation.** Après avoir joué à l'ensemble des activités de KidBreath pendant deux semaines, les enfants expriment une motivation intrinsèque à utiliser l'outil.

**Utilisabilité.** Après avoir joué à l'ensemble des activités de KidBreath pendant deux semaines, les élèves prennent plaisir à jouer sur le système, et le trouvent facile à utiliser.

**3.2.2 Questionnaires utilisés. Connaissances.** Afin de vérifier si les enfants avaient une augmentation des connaissances sur la maladie après une semaine d'utilisation de la partie « Devinettes » de KidBreath, nous leur avons fait passer en pré et post utilisation le questionnaire de connaissances sur l'asthme pour les enfants [48]. Ce questionnaire validé en anglais, est composé de 24 phrases affirmatives sur l'asthme où l'enfant doit cocher si cette phrase est vraie ou fausse (ex : « Les personnes qui ont de l'asthme peuvent fumer sans aucun souci »). Traduit en français, nous avons rajouté une troisième modalité « ne sait 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 [34]. De plus, nous avons voulu vérifier en post-utilisation que, si évolution des

connaissances sur l'asthme il y a eu, cela est dû à l'utilisation de l'outil et non à la recherche d'informations extérieures (questions auprès des parents, de l'instituteur, ...). Nous avons pour cela complété le premier questionnaire sur l'asthme par un quiz de connaissances sur le diabète pour enfants composé de 10 questions (issu du site <https://www.quizz.biz/quizz-948885.html>). Afin que celles-ci correspondent à la tranche d'âge sélectionnée, nous avons volontairement supprimé les items 4, 8, 9, 12 et 13. Nous avons également reformulé certaines questions pour que les questions soient plus compréhensibles, quitte à réexpliquer lors des tests, sans guider vers la réponse attendue (ex : « En tant que diabétique, ai-je le droit de sortir avec des copains ? »). La modalité « ne sait pas » a également été rajoutée pour les mêmes raisons que précédemment.

**Utilisabilité.** Bien que nous ayons utilisé le SUS lors des tests utilisateurs réalisés dans le cadre de la CP [44], il nous est apparu évident de trouver des outils de mesure plus adaptés à notre population, car chez les enfants l'utilisabilité d'un système interactif doit être associé au degré d'engagement, de satisfaction et de plaisir (« enjoyment ») qu'il procure lorsqu'il est utilisé [49]. Pour ces raisons, le Fun Toolkit [49,50] est un outil plus adapté à notre population et peut être utilisé dans de nombreux cas, évaluant plusieurs composantes :

- L'expectation (appelée le Smileyometer) : cette partie recueille l'idée que la personne se fait de l'interface ou du jeu en terme d'amusement et l'évalue sur une échelle de Likert illustrée sous la forme de 5 smileys. Dans le cadre de notre étude pilote, 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 ressentent.
- L'endurability : après la passation d'une session d'utilisation, la personne indique si elle aimerait refaire les éléments proposés durant la tâche (appelée Again Again) ; le Fun Sorter lui, consiste à classer les différentes actions à réaliser pendant la tâche par niveau de difficulté. 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 une grille. Pour le Fun Sorter, nous avons distingué 2 classements (Figure 4) dont 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 2 types de vidéos d'animation). Le second servait à classer de 1 à 4 les éléments les plus utiles pour apprendre l'asthme, entre les icônes « Devinettes », « Jeux », « Le savais-tu », « 1 jour – 1 idée ». Enfin, pour le Again Again nous avons demandé aux enfants si oui, peut-être ou non ils souhaitaient refaire ou revoir les 4 éléments précités.

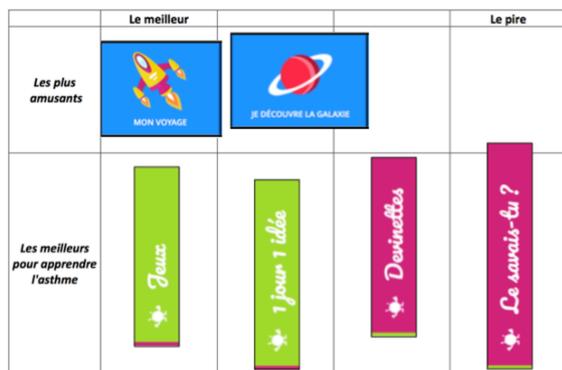


Figure 4 : Fun Sorter complété.

**Motivation.** Le questionnaire créé lors des tests utilisateurs de la CP et basé sur celui réalisé par Cordova & Lepper [45] nous donnait un premier aperçu de la motivation que pouvait ressentir les élèves en jouant à KidBreath. Néanmoins, une étude plus fine était nécessaire notamment pour évaluer quel type de motivation pouvait être généré lors des utilisations. En effet, basé sur la Théorie de l'Auto-détermination, le but de KidBreath étant d'être utilisé en autonomie et sur du long terme, il doit provoquer chez l'enfant une motivation majoritairement intrinsèque [51]. Dans le contexte de l'apprentissage, Vallerand a proposé alors un questionnaire évaluant l'ensemble des types de motivation afin d'anticiper si les élèves allaient continuer à apprendre/utiliser les outils d'apprentissage [52,53]. Pouvant être appliqué dans de nombreux environnements [52–54], nous avons alors adapté ce questionnaire dans le cadre de l'utilisation de KidBreath. En demandant aux enfants pourquoi ils ont aimé jouer à KidBreath, nous leur énoncions des phrases affirmatives associées à chaque type de motivation (Amotivation, Motivation extrinsèque, Motivation Intrinsèque) et ils devaient nous dire si oui ou non, les phrases correspondaient à ce qu'ils ressentaient lors de l'utilisation globale de KidBreath (ex : « J'aime bien jouer à KidBreath parce que j'apprends pleins de choses qui m'intéressent »). Au total, 21 items ont été posés de façon aléatoire.

**Curiosité.** En se basant sur l'article de Gordon & al, la curiosité des enfants peut se quantifier par la génération de question [55], où on demande à l'enfant de poser le plus de questions possibles sur un sujet et sans fournir aucune réponse [56]. Dans notre contexte, après avoir utilisé l'outil nous avons demandé à chaque enfant la chose suivante : « Je vais créer d'autres quiz sur KidBreath pour que les gens qui ne sont pas venus là 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 ensuite dans KidBreath. Qu'est-ce que tu voudrais savoir sur l'asthme ? ». Nous notions ainsi toutes les questions qu'ils se posaient sur l'asthme.

3.2.3 Procédure. La procédure relative à l'étude présentée ici se compose en 6 sessions expérimentales par classe.

Session 1 : Connaissance, Smileyometer, Mon Voyage – Devinettes avec/sans CP. Nous sommes allés dans la première classe de CE2 évaluer tout d'abord leur niveau de connaissance initiale sur l'asthme par un questionnaire de connaissance sur l'asthme et sur le diabète. Par groupe de trois et en étant

éloignés les uns des autres dans une salle prévue à cet effet, l'unique expérimentateur énonçait les questions et les élèves cochaient sur leur feuille la modalité qu'ils souhaitaient pour les deux questionnaires. Ensuite, nous avons placé chaque élève sur un des deux postes informatiques ou sur l'ordinateur portable présents au fond de la classe, où était affichée la page d'accueil de KidBreath. Chacun devait suite à cela remplir le smileyometer, où on leur demandait à quel point ils pensaient que les activités qu'ils allaient faire allaient être plaisantes. La session se terminait en les faisant jouer chacun 15 minutes sur les « Devinettes » (quiz et QCM créés via la CP), où ils pouvaient choisir n'importe laquelle, de n'importe quelle catégorie et de n'importe quel niveau.

Session 2 : Mon Voyage – Devinettes avec/sans CP, Smileyometer. Deux jours plus tard, nous sommes revenus dans la classe pour faire jouer à nouveau la partie « Devinettes » de KidBreath pendant 10 minutes. Dès qu'ils avaient terminé, nous leur avons à nouveau demandé de cocher le smileyometer en post-utilisation des « Devinettes », où on leur demandait de cocher le smiley qui correspondait à leurs impressions sur cette partie.

Session 3 : Connaissances, Curiosité. Encore deux jours plus tard, nous leur avons fait remplir à nouveau les questionnaires de connaissances réalisés en session 1. Individuellement, ces questionnaires ont été présentés dans un ordre aléatoire pour éviter les effets d'habitation. L'expérimentateur prenait à part chaque élève, et il leur énonçait les questions qui étaient également sous les yeux des enfants. Par contrainte de temps par contre, seul l'expérimentateur cochant la réponse formulée par les enfants. Enfin, une dernière question a été formulée à l'enfant pour évaluer s'il y a ou non émergence d'une forme de curiosité, en leur demandant de poser un maximum de questions qu'ils voulaient savoir sur l'asthme.

Session 4 : Je découvre la galaxie. La semaine suivante, nous avons cette fois fait jouer à cette même classe la partie vidéos d'information sur l'asthme présentées dans la partie « Je découvre la galaxie » pendant 10 min. Tout comme les « Devinettes », ils pouvaient choisir le type de vidéo, dans n'importe quel ordre.

Session 5 : Mon Voyage – Jeux, Smileyometer. Trois jours plus tard les activités à réaliser concernaient les mini-jeux de la partie « Mon voyage ». Tout comme en session 3, nous avons demandé aux enfants de compléter une dernière fois le smileyometer, en prenant en compte cette fois non pas que les « Devinettes », mais l'ensemble des activités auxquelles ils ont joué, à savoir les onglets « Mon voyage » et « Je découvre la galaxie ».

Session 6 : Motivation, Fun Sorter, Again Again, Curiosité. Cette dernière session consiste en la complétion des questionnaires restant. Tout d'abord pour le questionnaire de motivation, l'expérimentateur énonçait les phrases affirmatives (présentées dans le désordre) et l'enfant exprimait si oui ou non cela correspondait à ce qu'il ressentait lorsqu'il jouait à KidBreath. Juste après, les enfants remplissaient le Fun Sorter où ils devaient coller les éléments qui étaient pour eux du plus amusant au moins amusant (deux éléments), et du plus utile pour apprendre l'asthme au moins utile (quatre éléments). Le Again Again était la tâche suivante, où les enfants devaient cocher les éléments qu'ils voudraient refaire

ou revoir. La dernière tâche correspondant en la génération de question dans le cadre de la curiosité, qui est la même que celle présentée en session 3.

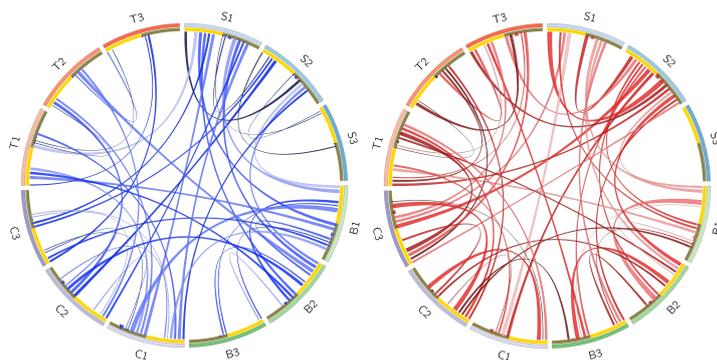
Les sessions effectuées dans la deuxième classe sont identiques. La seule différence réside dans les deux premières sessions, où les enfants jouent bien sur la partie « Devinettes », mais les quiz et QCM ne sont pas les mêmes. Issus en effet d'un questionnaire de connaissance papier sur l'asthme pour les adultes [34], ces activités n'ont pas bénéficié d'une CP. Sous forme de QCM comme le questionnaire papier, le personnage principal énonce des phrases affirmatives (interrogatives en classe 1) où l'enfant doit cocher si cette phrase est vraie, fausse, ou ne sait pas (ex : « Les bronches ressemblent à des tuyaux » : Vrai/Faux/Ne sait pas), alors que dans l'autre classe il doit soit rentrer la réponse attendue via le clavier (exemple en Figure 3), soit cocher une des réponses proposées. Dès qu'il valide sa réponse, le personnage énonce juste si cette réponse est correcte ou non, mais n'explique pas pourquoi contrairement aux cas créés en CP. Dans les autres sessions, les élèves de la seconde classe jouent comme leurs camarades aux mêmes types d'activités ayant bénéficié d'une CP et ayant le même choix dans les vidéos et les jeux.

Les résultats que nous présentons ci-dessous correspondent à ceux relevés dans les différents questionnaires couplés aux comportements observés.

## 4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 Exploration

Les connexions de chaque enfant pour la partie « Devinettes » ont été enregistrées, où étaient présentés l'identifiant anonymisé de l'enfant, la date et l'heure de l'activité lancée, et la date et l'heure de la fin de l'activité. Chaque activité était catégorisée par thématique (Biomédical : B ; Symptômes : S ; Connaissances générales : C ; Traitements : T) et par niveau de difficulté (de 1 à 3). Nous avons voulu modéliser les explorations effectuées par les élèves en utilisant Circos [57]. Sur les figures ci-dessous, les élèves effectuent des transitions entre chaque activité le long des sessions, qui sont représentées par des lignes incurvées (bleues pour le groupe 1, rouges pour le groupe 2). 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 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 permet de voir le « chemin » suivi par les élèves en jouant à KidBreath.



**Figure 5 : Schémas Circos pour le groupe 1 (à gauche) et pour le groupe 2 (à droite).**

Concernant le groupe 1, on remarque que les enfants ont majoritairement été sur les 2 premiers niveaux de difficulté, où les traits sont beaucoup plus fins sur les B3, S3, C3, T3. Dans le groupe 2, l'ensemble des activités de S3 est vide car nous n'avons pas conçu d'activité pour cette catégorie, néanmoins nous pouvons observer que les élèves ont été de façon plus homogène dans les 3 niveaux. Cela peut s'expliquer par le fait que les QCM étaient beaucoup plus rapides à remplir (phrase affirmative où l'enfant devait juste sur « vrai », « faux », ou « ne sait pas »), par conséquent les élèves du groupe 2 pouvaient plus facilement aller sur le dernier niveau de difficulté. Une similarité relevée dans les deux groupes est notamment la transition  $S1 \rightarrow C1$  ainsi que  $T1 \rightarrow B1$ . Cet ordre reste logique, car dans les deux conditions la disposition des thématiques est similaire (voir Figure 2), 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 des activités dans T1 réalisées, les élèves reviennent au début et recommencent celles de B1.

### 4.2 Connaissances

Dans les deux classes, les enfants ont eu un niveau de connaissances lié à l'asthme significativement augmenté (test t de Student :  $p = 0,0065$  pour le groupe 1 ;  $p = 0,0033$  pour le groupe 2) après avoir joué sur la partie « Devinettes » de KidBreath près de 30 min et étalé sur deux jours. Ces résultats s'expliquent par le fait que, dans la seconde condition, bien que les enfants n'aient pas d'éléments d'explication après avoir vérifié si leur réponse était juste ou non, ils ont tout de même retenu que si leur réponse était fausse, alors la réponse correcte était la modalité restante, ce qui en faisait un système binaire dans le cas où ils cochaient autre chose que « ne sait pas ». Dans la première classe, l'analyse de réponse était plus fine étant donné qu'il fallait soit rentrer une réponse quelconque au clavier, soit cocher une des réponses proposées, donc même si leur réponse était fausse ils n'auraient pas su pourquoi. Au niveau comportemental, les enfants dans la seconde classe ont demandé néanmoins plusieurs fois de leur expliquer des termes comme « bronchodilatateur », « effet immédiat », « déconseillé », « négliger » etc. contrairement à l'autre groupe.

### 4.3 Motivation

Après avoir utilisé l'ensemble des activités de KidBreath pendant deux semaines, aucune différence significative n'a été relevée entre les scores du questionnaire de motivation. Nous avons par conséquent rassemblé les résultats de ces deux classes pour ce questionnaire. Le graphique ci-dessous (Figure 6) représente les scores totaux que les enfants ont exprimés concernant chaque type de motivation. Ce questionnaire de 21 items est composé de 7 catégories de motivation. Chaque sous-échelle de motivation est composée de 3 items (ex : « J'aime jouer à KidBreath pour avoir une bonne note »). Lorsque nous lui demandions ce qu'il ressentait lorsqu'il jouait à KidBreath, l'enfant pouvait cocher soit 0, 1, 2, ou 3 phrases correspondant à ce qu'il ressentait. Pour chaque type de motivation, les scores vont ainsi de 0 à 3. Dans ce graphique, nous remarquons bien que la majorité des enfants ont noté par la maximale les états associés à la motivation intrinsèque, mais aussi à la dernière modalité de la motivation extrinsèque. Appelée Régulation identifiée, elle est celle qui est la plus internalisée de ce type de motivation, et elle est généralement négativement corrélée avec l'amotivation et la motivation externe [51,54]. Les résultats relevés étant en accord avec la littérature, l'utilisation des activités ludo-éducatives de KidBreath a généré chez l'ensemble des enfants une motivation interne, c'est-à-dire un plaisir inhérent à jouer dessus, ce qui valide notre hypothèse et peut s'étendre à une motivation à utiliser KidBreath sur du plus long terme, qui sera à confirmer ultérieurement.

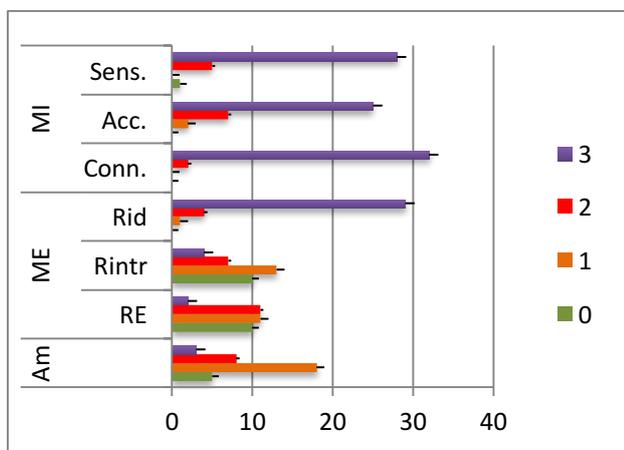


Figure 6 : Scores de l'échelle de motivation pour les 2 groupes. Am = Amotivation ; ME = Motivation Extrinsèque ; MI = Motivation Intrinsèque ; RE = Régulation externe ; Rintr = Régulation introjectée ; Rid = Régulation identifiée ; Conn = Connaissances ; Acc = Accomplissements ; Sens = Sensations.

### 4.4 Fun Toolkit

4.4.1 Fun Sorter - Le plus amusant. Nous avons tout d'abord demandé aux enfants de classer, entre la partie « Mon voyage » (composée des « Devinettes » et des « Jeux ») et « Je découvre la Galaxie » (composée des vidéos « Le savais-tu » et « 1 jour – 1 idée »), quelle était celle qui était pour eux la plus amusante. Le test de Kruskal-Wallis montre une différence significative entre les deux classes, où la première a

préférentiellement mis « Mon voyage » en premier, alors que les autres ont plutôt mis « Je découvre la Galaxie » ( $p = 0,001$ ). Ces résultats peuvent s'expliquer par les devinettes auxquelles la deuxième classe a joué, qui n'ont pas bénéficié de CP et qui étaient moins interactives que les devinettes de la première classe. Cela peut également s'expliquer par certains jeux auxquels ils ont joué et qui ont montré certains bugs et faiblesses d'interaction que les enfants ont exprimé de façon comportementale (mettaient du temps à les terminer, demandaient à changer, ...).

4.4.2 Fun Sorter - Utile pour l'asthme. De la même façon, nous avons demandé aux enfants des deux groupes de classer de 1 à 4 les types d'activités qui, pour eux, étaient les plus utiles pour apprendre l'asthme. Les tests de Kruskal-Wallis démontrent une différence significative au niveau des « Jeux », qui sont classés plus négativement dans la deuxième classe que dans la première ( $p = 0,001$ ). Nous pouvons reprendre comme explication celle du classement précédent, où il a été observé que les enfants de la deuxième classe ont joué à des jeux beaucoup moins fluides et rapides à terminer que ceux de l'autre classe, mais pas de façon intentionnelle car ils pouvaient choisir n'importe quel jeu. Notons également que, même s'il n'y a pas de différence significative, un seul enfant du groupe 2 a classé les devinettes en premier pour apprendre l'asthme, ce qui est en accord avec notre explication du classement précédemment.

### 4.5 Curiosité

Après les sessions 3 et 6, nous avons demandé à chaque enfant de nous poser un maximum de questions sur ce qu'ils souhaitent connaître sur l'asthme, ce qui peut être associé à l'intérêt qu'ils portent envers l'outil. Aucune différence significative n'a été relevée entre les groupes (test de Kruskal Wallis :  $p = 0,44$  en post-devinettes et  $p = 0,35$  en post-KidBreath), ni entre les deux sessions (test t de Student :  $p = 0,25$  pour le groupe 1 et  $p = 0,66$  pour le groupe 2). En effectuant la moyenne relative des questions générées entre les deux sessions, nos résultats montrent que les enfants du groupe 1 ont une moyenne de -0,3 questions (SD = 1,13) contre 0,38 pour ceux du groupe 2 (SD = 2,32). Ces résultats sont à minorer pour la raison que les enfants ayant donné beaucoup de questions en session 3 n'avaient pas forcément pensé à les répéter. De plus, les enfants qui formulaient peu de questions ne montraient pas forcément un désintérêt au niveau comportemental, mais pouvaient être plus timides ou n'arrivaient pas forcément à les formuler. Enfin, les personnes qui posaient des questions connaissaient en grande majorité des enfants asthmatiques, donc se sentaient plus concernés.

### 4.6 Recommandations

Suite à notre démarche de conception et d'évaluation auprès de l'équipe d'experts médicaux mais surtout auprès des enfants, se sont dessinés différents axes de recommandations dans le cadre de la conception de serious games pour l'éducation à la santé dans les maladies chroniques des enfants.

4.6.1 Recommandations générales. Intérêt de la CP. Le groupe de CP, constitué de pédiatres, pneumologues et éducateurs mais également d'enfants asthmatiques, a permis d'adapter les spécifications au niveau contenus pédagogiques

(validés par les experts médicaux), mais également concernant les critères de gamification et l'habillage graphique (testés et validés par les enfants). En gérant le processus de conception avec l'ensemble de ces intervenants, notre rôle a été d'en extraire les caractéristiques les plus pertinentes et de les orchestrer au mieux par la suite, même si parfois les points de vue divergeaient. Par exemple, à la demande des enfants et des éducateurs, nous avons détaillé dans les activités le fonctionnement biomédical de la maladie et le mode de fonctionnement des traitements, contrairement aux préconisations des médecins qui estimaient que les enfants étaient trop jeunes et que cela ne les intéresserait pas. Ainsi, l'avantage de constituer une équipe multi-compétences et futurs utilisateurs permet d'extraire les expertises et besoins les plus pertinents pour la conception et l'adaptation du système selon le but recherché, notamment dans le contexte d'éducation à la santé où le plus souvent, seul l'avis des médecins est pris en compte. Les recommandations suivantes sont ainsi issues des expériences utilisateurs réalisées ou d'une expertise particulière.

*Effet de Gamification sur les performances.* Au niveau comportemental, les principaux traits ayant facilité la compréhension des connaissances sur l'asthme ainsi qu'une motivation intrinsèque lors de l'utilisation de KidBreath ont été la double entrée son/texte – surtout quand ce sont des voix enfantines, contrairement à ce que disaient les médecins. Là encore, cette double entrée son/texte avait été plébiscitée par les enfants participant à la CP, témoignant encore de la valeur ajoutée d'inclure des représentants des futurs utilisateurs dans la CP, et notamment lorsqu'il s'agit d'un public de jeunes enfants. De plus, les vidéos pour en savoir plus de « Je Découvre la Galaxie » ont beaucoup plu car, même si les enfants n'étaient pas asthmatiques, ils se reconnaissaient dans les situations de la vie quotidienne mises en scène, situations relevées lors des ateliers d'éducation thérapeutique avec les familles d'enfants asthmatiques. Le format ne durant pas plus de 1 min est certainement un des facteurs favorisant la motivation à les regarder. Dans les résultats relevés pour le Fun Toolkit, les jeux ont été principalement préférés lors de l'utilisation, mais également les quiz ayant bénéficié de la CP, où l'enfant a les éléments d'information qui expliquent pourquoi il s'est trompé. Enfin, les stratégies d'exploration analysées par les schémas Circos montrent qu'il faut privilégier des quiz de niveau facile et les afficher selon une logique de progression dans les connaissances si l'on souhaite que l'utilisateur effectue un parcours spécifique.

*4.6.2 Recommandations spécifiques – pédagogie réflexive.* Dans le cadre de la constitution de la CP, les éducateurs en ETP nous ont transmis les techniques qu'ils utilisaient dans leurs pratiques pour optimiser l'apprentissage et la gestion de l'asthme chez les enfants. Celle dite « réflexive » notamment, intervient lorsque l'enfant fait le geste ou énonce la réponse qu'il croit savoir, puis s'auto-corrige (ou est aidé par ses pairs) et recommence. Nous avons adapté ce principe dans notre serious game pour le groupe expérimental (groupe 1), où l'enfant rentre sa réponse, regarde la correction en expliquant pourquoi et recommence un peu plus tard. Ayant montré son intérêt en terme d'utilisabilité dans notre étude, cette pédagogie « inversée » est essentielle pour que l'enfant puisse

appliquer dans sa vie quotidienne les connaissances acquises dans le serious game.

## 5 CONCLUSION

La plateforme d'apprentissage en ligne KidBreath est composée de nombreuses activités ludo-éducatives sur l'asthme, présentées de différentes façons et ayant bénéficié d'une démarche de Conception Participative (CP). Cette approche a montré son intérêt dans le cadre d'une optimisation de l'utilisabilité du système en prenant en compte les usages réels des futurs utilisateurs, pour la simple raison que nous les avons inclus dans le processus de conception. Le travail ne propose certes pas de nouveauté du point de vue de la méthodologie, mais reste un travail original car c'est l'un des premiers qui applique une telle méthodologie dans un contexte de serious game avec une problématique de santé publique pour les enfants. Il s'agit de l'étude scientifique d'un cas pratique, mais cette démarche d'après nous semble nécessaire au vu de la problématique de santé publique auquel elle est rattachée. Les solutions apportées dans notre serious game ne s'expriment pas en surface mais en contenus embarqués. En effet, de manière inédite, nous nous sommes basés sur les techniques utilisées en éducation thérapeutique avec un souci d'apprentissage réflexif, sur des contenus initiaux créés et validés par la Haute Autorité de Santé et adaptés dans le cadre d'un outil d'apprentissage numérique par les éducateurs.

Notre outil, dans son prototype final, a été évalué dans une étude pilote portée chez des enfants non asthmatiques au niveau utilisabilité, motivation, connaissance et intérêt porté. L'outil semble faire émerger une forte motivation intrinsèque quand les enfants l'utilisent pendant deux semaines, ce qui laisse supposer que cette motivation sera constante sur du plus long terme, voire dans l'application des informations retenues dans l'outil et qui augmentent le niveau de littératie en santé, ce qui pourrait être un facteur d'amélioration de l'adhésion thérapeutique. En comparant une classe qui a utilisé des quiz issus de la CP avec des quiz non issus de cette démarche, les résultats montrent que les enfants retiennent un niveau similaire de connaissance. Ce résultat s'explique par le fait que, s'agissant d'enfants non asthmatiques, ils ne sentent pas concernés et ne connaissant pas la maladie, ces informations restent abstraites pour eux. La prochaine étape servira à mettre en exergue la personnalisation de ces activités d'apprentissage en condition réelle d'usage chez des enfants asthmatiques, en prenant en compte leurs connaissances et leur expérience antérieure de façon systématique.

## RÉFÉRENCES

- [1] A. Afrite, C. Allonier, L. Com-Ruelle, et N. Le Guen, « L'asthme en France en 2006: prévalence, contrôle et déterminants », IRDES, Paris, 549, janv. 2011.
- [2] C. Fuhrman *et al.*, « Asthme et BPCO: taux d'hospitalisation et de mortalité dans les départements d'outre-mer et en France métropolitaine, 2005-2007 », *Bull. Épidémiologique Hebd.*, n° 13-14, p. 168-172, 2011.
- [3] S. Tual, P. Godard, J. Bousquet, et I. Annesi-Maesano, « Diminution de la mortalité par asthme en France. », *Rev. Mal. Respir.*, vol. 25, n° 7, p. 814-820, 2008.
- [4] J.-P. Darras et P. Demoly, « Prise en charge diagnostique et thérapeutique de l'asthme chez l'enfant. », *Rev. Fr. Allergol. Immunol. Clin.*, vol. 46, 2006.
- [5] L. S. Morris et R. M. Schulz, « Patient compliance—an overview. », *Journal of clinical pharmacy and therapeutics*, p. 283-295, 1992.
- [6] A. Lamouroux, A. Magnan, et D. Vervloet, « Compliance, observance ou

- adhésion thérapeutique: de quoi parlons-nous? », *Rev. Mal. Respir.*, vol. 22, n° 1, p. 31–34, 2005.
- [7] J. de Blic, « Observation thérapeutique chez l'enfant asthmatique: Recommandations pour la pratique clinique », *Rev. Mal. Respir.*, vol. 24, n° 4, p. 419–425, 2007.
- [8] L. J. Bauman *et al.*, « Relationship of adherence to pediatric asthma morbidity among inner-city children », *Pediatrics*, vol. 110, n° 1, p. e6–e6, 2002.
- [9] J. de Blic, I. Boucot, C. Pribil, J. Robert, D. Huas, et C. Marguet, « Control of asthma in children: still unacceptable? A French cross-sectional study », *Respir. Med.*, vol. 103, n° 9, p. 1383–1391, sept. 2009.
- [10] ANAES, « Service des recommandations et références professionnelles », *Exam. Préopératoires Systématiques Paris*, 1998.
- [11] P. M. Kato, « Video games in health care: Closing the gap. », *Rev. Gen. Psychol.*, vol. 14, n° 2, p. 113–121, 2010.
- [12] D. Lieberman A., « Management of Chronic Pediatric Diseases with Interactive Health Games: Theory and Research Findings », *J. Ambulatory Care Manage.*, vol. 24, n° 1, p. 26–38, 2001.
- [13] I. L. Beale, P. M. Kato, V. M. Marin-Bowling, N. Guthrie, et S. W. Cole, « Improvement in Cancer-Related Knowledge Following Use of a Psychoeducational Video Game for Adolescents and Young Adults with Cancer », *J. Adolesc. Health*, vol. 41, n° 3, p. 263–270, sept. 2007.
- [14] T. Charles, D. Quinn, M. Weatherall, S. Aldington, R. Beasley, et S. Holt, « An audiovisual reminder function improves adherence with inhaled corticosteroid therapy in asthma », *J. Allergy Clin. Immunol.*, vol. 119, n° 4, p. 811–816, avr. 2007.
- [15] P. M. Kato, S. W. Cole, A. S. Bradlyn, et B. H. Pollock, « A Video Game Improves Behavioral Outcomes in Adolescents and Young Adults With Cancer: A Randomized Trial », *PEDIATRICS*, vol. 122, n° 2, p. e305–e317, août 2008.
- [16] R. Shegog, L. K. Bartholomew, G. S. Parcel, M. M. Sockrider, L. Masse, et S. L. Abramson, « Impact of a computer-assisted education program on factors related to asthma self-management behavior », *J. Am. Med. Inform. Assoc.*, vol. 8, n° 1, p. 49–61, 2001.
- [17] G. M. Hochbaum, J. R. Sorenson, et K. Lorig, « Theory in Health Education Practice. », *Health Educ. Q.*, vol. 19, n° 3, p. 293–313, 1992.
- [18] A. Bandura, « Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory. », *Up. Saddle River NJ Prentice Hall*, 1986.
- [19] A. François, « Connaissance et observance des traitements chroniques des patients au cabinet de médecine générale », UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE, 2016.
- [20] H. Kharrazi, C. Watters, et S. Oore, « Improving behavioral stages in children by adaptive applications. », *J. Inf. Technol. Healthc.*, vol. 6, n° 1, p. 322–326, 2008.
- [21] M. V. Williams, D. W. Baker, E. G. Honig, T. M. Lee, et A. Nowlan, « Inadequate literacy is a barrier to asthma knowledge and self-care. », *Chest.*, vol. 114, p. 1008–1015, 1998.
- [22] D. Nutbeam, « Health promotion glossary. », *Health Promot. Int.*, vol. 13, n° 4, p. 349–364, 1998.
- [23] E. B. -N. Sanders, « From user-centered to participatory design approaches », in *Design and the social sciences: Making connections*, CRC Press, 2002, p. 1–8.
- [24] A. Melonio et R. Gennari, « Co-Design with children: the State of the Art », Technical report, KRDB Research Centre Technical Report, 2012.
- [25] M. J. Muller et S. Kuhn, « Participatory design », *Commun. ACM*, vol. 36, n° 6, p. 24–28, 1993.
- [26] B. David, ACM Digital Library, et ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction, *Conference Internationale Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. New York, NY: ACM, 2010.
- [27] C. Kortbeek, « Participatory Design ».
- [28] S. Pilemalm et T. Timpka, « Third generation participatory design in health informatics—Making user participation applicable to large-scale information system projects », *J. Biomed. Inform.*, vol. 41, n° 2, p. 327–339, avr. 2008.
- [29] C. Spinuzzi, « The methodology of participatory design. », *Tech. Commun.*, vol. 52, n° 2, p. 163–174, 2005.
- [30] C. Sjöberg et T. Timpka, « Participatory design of information systems in health care. », *J. Am. Med. Inform. Assoc.*, vol. 5, n° 2, p. 177–183, 1998.
- [31] Y. B. Salaman, J. Y. Kim, A. Karahoca, et H.-I. CHENG, « Participatory icon design for medical information systems », *Hong Kong Int. Assoc. Des. Res.*, 2007.
- [32] C. C. da Silva *et al.*, « 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*, 2014, p. 1789–1792.
- [33] R. De Croon, J. Klerkx, et E. Duval, « 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*, 2014, p. 176–185.
- [34] L. Nguyen *et al.*, « Validation d'un questionnaire de connaissances sur l'asthme. », *Rev. Mal. Respir.*, vol. 20, n° 6, p. 871–880, 2003.
- [35] V. Chateaux, « Perception de l'asthme par les enfants et leurs parents: impact sur la qualité de vie et d'adhésion d'enfants asthmatiques. », Metz, 2005.
- [36] V. Chateaux et E. Spitz, « Perception de la maladie chez des enfants asthmatiques et leurs parents », *Enfance*, vol. 59, n° 2, p. 161, 2007.
- [37] V. Chateaux et E. Spitz, « Perception de la maladie et adhésion thérapeutique chez des enfants asthmatiques », *Prat. Psychol.*, vol. 12, n° 1, p. 1–16, mars 2006.
- [38] M. Beaudouin-Lafon et W. E. Mackay, « Prototyping tools and techniques. », *Hum. Comput. Interact.-Dev. Process*, p. 122–142, 2003.
- [39] J. M. C. Bastien et D. L. Scapin, « Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer Interfaces », Technical Report 156, mai 1993.
- [40] C. Mulletier, G. Bertholet, et T. Lang, *La Gamification, ou l'art d'utiliser les mécaniques du jeu dans votre business*. Eyrolles, 2014.
- [41] A. Newell F. et P. Gregor, « User Sensitive Inclusive Design - in Search of a New Paradigm », présenté à Proceeding on the 2000 Conference on Universal Usability, New York, NY, USA, 2000, p. 39–44.
- [42] S. Daumal, *Design d'expérience utilisateur: Principes et méthodes UX*. Paris: Eyrolles, 2012.
- [43] W. E. Mackay, « Educating multi-disciplinary design teams », *Proc Tales Disappearing Comput.*, p. 105–118, 2003.
- [44] J. Brooke et others, « SUS-A quick and dirty usability scale », *Usability Eval. Ind.*, vol. 189, n° 194, p. 4–7, 1996.
- [45] D. I. Cordova et M. R. Lepper, « Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice. », *J. Educ. Psychol.*, vol. 88, n° 4, p. 715, 1996.
- [46] E. Law, P. N. Bennett, et E. Horvitz, « The effects of choice in routing relevance judgments », in *Proceedings of the 34th international ACM SIGIR conference on Research and development in Information Retrieval*, 2011, p. 1127–1128.
- [47] L. A. Leotti et M. R. Delgado, « The Inherent Reward of Choice », *Psychol. Sci.*, vol. 22, n° 10, p. 1310–1318, oct. 2011.
- [48] M. Al-Motlaq et K. Sellick, « Development and validation of an asthma knowledge test for children 8-10 years of age: Child asthma knowledge test », *Child Care Health Dev.*, vol. 37, n° 1, p. 123–128, janv. 2011.
- [49] S. MacFarlane, G. Sim, et M. Horton, « Assessing usability and fun in educational software », in *Proceedings of the 2005 conference on Interaction design and children*, 2005, p. 103–109.
- [50] J. C. Read et S. MacFarlane, « 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*, 2006, p. 81–88.
- [51] E. L. Deci et R. M. Ryan, « The general causality orientations scale: Self-determination in personality. », *J. Res. Personal.*, vol. 19, n° 2, p. 109–134, 1985.
- [52] R. J. Vallerand, L. G. Pelletier, M. R. Blais, N. M. Brière, C. Senecal, et E. F. Vallières, « The Academic Motivation Scale: A measure of intrinsic, extrinsic, and amotivation in education. », *Educ. Psychol. Meas.*, vol. 52, n° 4, p. 1003–1017, 1992.
- [53] R. J. Vallerand, M. R. Blais, N. M. Brière, et L. G. Pelletier, « Construction et validation de l'échelle de motivation en éducation (EME) », *Can. J. Behav. Sci. Can. Sci. Comport.*, vol. 21, n° 3, p. 323, 1989.
- [54] A. Desrochers, G. Comeau, N. Jardaneh, et I. Green-Demers, « L'élaboration d'une échelle pour mesurer la motivation chez les jeunes élèves en piano », *Rech. En Éducation Music.*, vol. 24, p. 13–33, 2006.
- [55] G. Gordon, C. Breazeal, et S. Engel, « Can children catch curiosity from a social robot? », in *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 2015, p. 91–98.
- [56] P. L. Harris, *Trusting what you're told: How children learn from others*. Harvard University Press., 2012.
- [57] M. Krzywinski *et al.*, « Circos: An information aesthetic for comparative genomics », *Genome Res.*, vol. 19, n° 9, p. 1639–1645, sept. 2009.

