HAL
open science

Un système de ludification adaptative d'environnements d'apprentissage fondé sur les profils de joueur des apprenants

Baptiste Monterrat

To cite this version:

Baptiste Monterrat. Un système de ludification adaptative d'environnements d'apprentissage fondé sur les profils de joueur des apprenants. Apprentissage [cs.LG]. INSA de Lyon, 2015. Français. NNT : 2015ISAL0122 . tel-01255382v2

HAL Id: tel-01255382

https://hal.science/tel-01255382v2

Submitted on 30 Jun 2016 (v2), last revised 2 Apr 2017 (v3)

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.

N° d'ordre 2015 ISAL 0122
Année 2015

Thèse

Un système de ludification adaptative d'environnements d'apprentissage fondé sur les profils de joueur des apprenants

Présentée devant
L'institut national des sciences appliquées de Lyon

Pour obtenir
Le grade de docteur en informatique

École doctorale
École doctorale INFOMATHS

Par
Baptiste Monterrat

Soutenue le 11 décembre 2015 devant la Commission d'examen

Jury

Stéphane NATKIN, Professeur des Universités (CNAM de Paris), président
Vanda LUENGO, Professeur des Universités (Université Pierre et Marie Curie), rapporteur
Pascal ESTRAILLIER, Professeur des Universités (Université de La Rochelle), rapporteur
Baltasar FERNANDEZ-MANJON, Professeur des Universités (Universidad Computense de Madrid), examinateur
Christine MICHEL, Maître de Conférences HDR (INSA de Lyon), examinatrice
Michel DESMARAIS, Professeur des Universités (Polytechnique Montréal), invité
François PARET, Directeur général de Woonoz, invité
Sébastien GEORGE, Professeur des Universités (Université du Maine), directeur
Élise LAVOUÉ, Maître de Conférences (Université Lyon 3), co-encadrante

Laboratoire de recherche : LIRIS (Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information)
Thèse CIFRE réalisée avec l'entreprise Woonoz

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Un système de ludification adaptative d'environnements d'apprentissage fondé sur les profils de joueur des apprenants

Résumé

La ludification des environnements d'apprentissage humain est une approche de plus en plus utilisée pour répondre au manque de motivation des apprenants. Or, plusieurs résultats de recherche montrent que les apprenants ont des sensibilités différentes face aux mécaniques de jeu qui leur sont proposées. Nos travaux de thèse partent du constat que les systèmes de ludification actuels ne prennent pas en compte la diversité des préférences individuelles. Nous proposons de traiter la problématique de l'adaptation des éléments ludiques aux profils des apprenants suivant leurs caractéristiques en tant que joueurs. Nous nous inspirons d'approches existantes dans le domaine des jeux afin de proposer un modèle générique permettant d'adapter les fonctionnalités ludiques selon les profils de joueur des apprenants.

Nos contributions théoriques s'articulent autour de deux grands axes. Premièrement, nous proposons de concevoir les fonctionnalités ludiques comme des épiphytes, des systèmes distincts de l'environnement d'apprentissage qui peuvent être activés indépendamment pour chaque utilisateur. Nous avons construit un *framework* décrivant ce qu'est une Fonctionnalité Épiphyte Ludique (FEL) adaptative. Il est accompagné d'un guide de conception de fonctionnalités à destination des concepteurs de systèmes ludifiés. Deuxièmement, nous proposons un processus d'adaptation dynamique qui fonctionne suivant deux opérations : la sélection des fonctionnalités d'après le profil de joueur et l'évolution du profil de joueur d'après ses interactions avec les fonctionnalités ludiques. Ces opérations sont basées sur un modèle formalisant les liens entre les fonctionnalités ludiques et les types de joueurs des profils.

Nous avons implanté les modèles proposés dans un environnement en ligne d'apprentissage de l'orthographe appelé Projet Voltaire. Selon une approche itérative, nous avons organisé trois expérimentations pour évaluer le système proposé. La première a permis de valider l'implémentation du modèle d'adaptation et du modèle de Fonctionnalité Épiphyte Ludique auprès d'un public de collégiens. Les deux expérimentations suivantes se sont déroulées auprès d'un public adulte avec respectivement 67 et 266 participants. Elles étaient centrées sur l'évaluation du modèle d'adaptation et de son impact sur la motivation des apprenants. Elles ont d'une part montré que le modèle d'adaptation peut s'appuyer sur un jugement d'experts pour faire le lien entre les fonctionnalités et les types de joueurs supportés. D'autre part, les résultats ont validé le fait que proposer aux apprenants des fonctionnalités adaptées à leur profil a un impact positif significatif sur leur motivation et sur leur temps d'utilisation de l'environnement d'apprentissage.

Mots-Clés: Ludification, Environnement Informatique d'Apprentissage Humain (EIAH), Adaptation, Motivation, Modèle de joueur

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

A system for adaptive gamification of learning environments based on the player profiles of the learners

Abstract

Gamification of learning environments is becoming a widely used approach to address the lack of learner motivation. However, several research results show that learners have different sensitivities to the proposed game mechanics. In our thesis work, we state that the current gamification systems do not take into account the diversity of individual preferences. We propose to address the issue of the adaptation of playful elements to the learners' profiles according to their characteristics as players. We base our work on existing approaches in the gaming area in order to provide a generic model for the adaptation of gaming features according to the player profile of the learners.

Our theoretical contributions are structured around two main axes. Firstly, we propose to design fun features like epiphytes, systems that are distinct from the learning environment and can be activated independently for each user. We built a framework describing what an Epiphytic Gaming Feature (EGF) is. It comes with a gaming features design guide to help the designers of gamification systems. Secondly, we propose a dynamic adaptation process that works in two steps: the selection of gaming features based on the player profile, and the updating of the player profile according to the user's interactions with the gaming features. These operations are based on a model that formalizes the links between gaming features and player types.

We implemented the proposed models in an online learning environment of French spelling called Projet Voltaire. We conducted three experiments to evaluate the proposed system, according to an iterative process. The first experiment was used to validate the implementation of the adaptation model and the Epiphytic Gaming Feature with an audience of middle school students. The following two experiments were conducted with a public of adults, with 67 and 266 participants respectively. They were focused on the evaluation of the adaptation model and its impact on learner motivation. They showed that the adaptation model can be based on expert judgements to make the link between gaming features and player types. Moreover, the results confirmed that providing the learners with gaming features that are adapted to their player profile has a significant positive impact on their motivation and their usage time of the learning environment.

Keywords : Gamification, Learning Environment, Adaptation, Motivation, Player model

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Remerciements

Mes premiers remerciements vont à mes encadrants, **Sébastien George** et **Élise Lavoué** pour leur savoir et leur bienveillance, pour leur soutien autant scientifique que moral. Ils étaient toujours présents, se sont énormément investis dans cette thèse. Ils ont accompagné la réalisation de la thèse, et m'ont aussi guidé dans mon projet de vie.

Je remercie **François Paret** pour sa confiance, donnée dans les bons moments et renouvelée dans les moments difficiles. Son soutien a été déterminant dans l'aboutissement de cette thèse. J'espère que cette thèse restera une fierté pour Woonoz autant qu'elle l'est pour moi.

Je remercie **Michel Desmarais** pour son accueil à l'école Polytechnique de Montréal, ainsi que pour le partage de son savoir sur la modélisation d'apprenants et l'analyse de données.

Je remercie **Régis Calmant** pour son accueil et son soutien au sein du collège Colette.

Je remercie **tous les membres des équipes SILEX et SICAL,** pour leur accompagnement scientifique, les réunions enrichissantes, les propositions d'opportunités et les moments conviviaux, avec un clin d'œil particulier à ceux qui ont été dans le même bureau que moi à Blaise Pascal.

Je remercie **tous les collègues de Woonoz** pour m'avoir fait une place parmi vous, tant sur le plan professionnel qu'humain. Merci à l'équipe recherche et développement, avec notamment Sylvain, Tristan, Cédric, et Stéphanie pour leur implication dans les développements nécessaires aux expérimentations de la thèse. Merci à l'équipe du « bureau jaune » pour leur bonne humeur.

Je remercie tous les **participants aux expérimentations**, en pensant d'abord à ceux qui ont joué le rôle des **experts** (Nicolas, Sophie, Charlotte, Jean Charles, Iza et Patrice), puis aux 409 personnes qui ont joué le rôle des utilisateurs. Aussi modeste qu'ait été l'engagement de chacun dans ces expériences, rien n'aurait été possible sans eux.

Je remercie bien sûr mes **parents** et mes **frères** qui étaient à mes côtés depuis le début, bien avant que je ne commence la thèse.

Je remercie **Laurianne** et **Lucie** qui rendent mon quotidien heureux. Elles ont été un soutien moral très fort pendant la dernière année de la thèse.

Je remercie également tous mes **amis** qui ont été présents à mes côtés pendant ces trois ans.

Je remercie enfin l'**ANRT** et **Woonoz** pour avoir financé ces travaux.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Sommaire

Chapitre 1 Introduction 14

1.1 Contexte de la thèse 14
1.1.1 Domaine de recherche : EIAH, jeux sérieux et ludification . . . 14
1.1.2 Contexte industriel : Woonoz et le Projet Voltaire 15

1.2 Problématique scientifique : l'adaptation de la ludification 16
1.2.1 La ludification pour motiver à apprendre 16
1.2.2 Prise en compte des profils individuels 17
1.2.3 Modèle de joueur et mécaniques adaptatives 18

1.3 Démarche et organisation de la thèse 18
1.3.1 Démarche de recherche 18
1.3.2 Organisation du manuscrit 19

Chapitre 2 État de l'art : Ludification des EIAH et adaptation dans les jeux 20

2.1 Motivation des apprenants avec la ludification 21
2.1.1 La ludification 21
2.1.1.1 Historique de la ludification 21
2.1.1.2 Définition de la ludification 22
2.1.2 Ludification et théories de la motivation 23
2.1.2.1 Théories de la motivation 23
2.1.2.2 Les facteurs de motivation dans les jeux 25
2.1.3 Ludification et apprentissage humain 27
2.1.3.1 Appliquer la ludification à l'apprentissage 27
2.1.3.2 Cas pratiques et retours d'expériences 28
2.1.4 Éléments de jeu 30
2.1.4.1 Approches sémantiques des éléments 30
2.1.4.2 Classifications structurelles des éléments 32
2.1.5 Processus de ludification 34
2.1.5.1 Recueils de mécaniques de jeu 34
2.1.5.2 Processus global de ludification 35
2.1.5.3 Associer recueil de mécaniques et processus global 37
2.1.6 Éthique et dérives 39
2.1.6.1 Les abus : travail gratuit et biens virtuels payants 39
2.1.6.1 Les erreurs : expérience pauvre et réactions inattendues 40

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

2.2 Adaptation, des jeux à la ludification 41
2.2.1 Modèle de joueur 41
2.2.1.1 L'utilisateur : apprenant et joueur 41
2.2.1.2 Typologies de joueurs 42
2.2.2 Adaptation dans les jeux 45
2.2.2.1 Techniques d'adaptation 46
2.2.2.2 Adaptation basée sur des profils de joueurs 46
2.2.3 De l'élément ludique vers le type de joueur 48
2.2.3.1 Du jeu au joueur 48
2.2.3.2 Lier le joueur à des types de personnalité 50
2.2.3.3 Lier le joueur à des mécaniques de jeu 50
2.2.3.4 Lier le joueur à des fonctionnalités ludiques 51

2.3 Conclusion 52

Chapitre 3 Contribution : Modèles pour une ludification adaptative 53

3.1 Architecture générique pour l'adaptation de fonctionnalités ludiques 54
3.1.1 Des types de joueurs aux Fonctionnalités Épiphytes Ludiques (FEL) 54
3.1.2 Architecture globale d'adaptation 56
3.1.3 Processus d'adaptation cyclique 57
3.1.4 Modèle de joueur 58

3.2 Fonctionnalités Épiphytes Ludiques 58
3.2.1 Définition d'une FEL 58
3.2.1.1 Contraintes existentielles 58
3.2.1.2 Règles de définition 59
3.2.1.3 Exemple et contre-exemples 60
3.2.2 Structure d'une FEL 61
3.2.2.1 Méthode de recherche 61
3.2.2.2 Caractéristiques structurantes d'une FEL 62
3.2.2.3 Propriétés déterminantes d'une FEL 65
3.2.2.4 Exemple d'application du framework 70
3.2.3 Discussion 71
3.2.3.1 Généricité 72
3.2.3.2 Interchangeabilité et expressivité 72
3.2.3.3 Conclusion 74

3.3 Modèle et processus d'adaptation 75
3.3.1 Modèle pour l'adaptation 75
3.3.1.1 De la Q-matrice à la A-matrice 75

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

3.3.1.2 Exemple d'application de la A-matrice *76*
3.3.2 Initialisation du modèle 77
3.3.2.1 Initialiser le profil de joueur *77*
3.3.2.2 Initialiser la A-matrice *78*
3.3.3 Cycle d'adaptation 78
3.3.3.1 Adaptation d'après le profil de joueur *78*
3.3.3.2 Mise à jour dynamique du profil de joueur *80*

3.4 Guide de conception 82
3.4.1 Élaboration du guide 83
3.4.2 Usages du guide et règles de définition 83
3.4.3 Outils pour la conception de fonctionnalités ludiques . . . 84
3.4.4 Processus de conception d'une fonctionnalité ludique . . . 88
3.4.5 Discussion 88

3.5 Conclusion 89

Chapitre 4 Implantation et expérimentations 90

4.1 Implantation 91
4.1.1 Description de l'environnement d'apprentissage 91
4.1.2 Les Fonctionnalités Épiphytes Ludiques 92
4.1.2.1 Étoiles *92*
4.1.2.2 Tableau de scores *93*
4.1.2.4 Randonneur *95*
4.1.2.5 Chronomètre *95*
4.1.2.6 Respect des règles *97*
4.1.3 Architecture et adaptation. 97

4.2 Expérimentation 1 : mise à l'essai 100
4.2.1 Conditions expérimentales 100
4.2.1.1 Objectif et hypothèses *100*
4.2.1.2 Participants et matériel *100*
4.2.1.3 Protocole *101*
4.2.2 Résultats. 102
4.2.2.1 Profils et préférences de fonctionnalités *102*
4.2.2.2 Complexité d'usage (H1) *103*
4.2.2.3 Profilage dynamique (H2) *103*
4.2.2.4 Adaptation des fonctionnalités (H3) *104*
4.2.3 Discussion 105

4.3 Expérience 2 : construction de la A-matrice 107
4.3.1 Conditions expérimentales 107

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

4.3.1.1 Objectif *107*
4.3.1.2 Participants *107*
4.3.1.3 Matériel *107*
4.3.1.4 Protocole *108*
4.3.2 Résultats 109
4.3.2.1 Corrélation avec le résultat R *109*
4.3.2.2 Distance entre les prédictions de fonctionnalités *110*
4.3.2.3 Accord entre les prédicteurs *110*
4.3.3 Discussion 111

4.4 Expérience 3 : adaptation selon les profils de joueurs . . . 111
4.4.1 Conditions expérimentales 112
4.4.1.1 Objectif et hypothèses *112*
4.4.1.2 Participants *112*
4.4.1.3 Matériel *112*
4.4.1.4 Protocole *113*
4.4.2 Résultats 114
4.4.2.1 Durée d'utilisation de l'environnement *114*
4.4.2.2 Motivation des participants *115*
4.4.2.3 Appréciation des fonctionnalités *116*
4.4.2.4 Impact de binômes de fonctionnalités *117*
4.4.2.5 Traces d'interactions *118*
4.4.3 Discussion 120
4.4.3.1 Impact de l'adaptation des fonctionnalités *120*
4.4.3.2 Variations selon les fonctionnalités *121*
4.4.3.3 Interactions et désactivations *122*

4.5 Conclusion 123

Chapitre 5 Conclusion et perspectives 124

5.1 Conclusion 124

5.2 Limites et perspectives 126
5.2.1 Les Fonctionnalités Épiphytes Ludiques 126
5.2.1.1 Évaluation du guide de conception *126*
5.2.1.2 Des FEL adaptées aux FEL adaptatives *127*
5.2.1.3 Avancée de la compréhension de l'impact des FEL *128*
5.2.2 Le modèle de joueur 128
5.2.2.1 Vers un modèle de joueur spécifique à la ludification *128*
5.2.2.2 Un modèle de joueur spécifique à l'application cible *129*
5.2.3 L'adaptation d'après le profil de joueur 130
5.2.3.1 Variation du nombre de fonctionnalités *130*
5.2.3.2 Adaptation contextuelle *131*
5.2.4 La mise à jour dynamique du profil de joueur 131

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

5.2.4.1 Évaluer l'algorithme d'adaptation dynamique *131*
5.2.4.2 Déterminer empiriquement les paramètres d'adaptation *132*
5.2.4.3 Enrichir le modèle de traces *132*
5.2.5 La conscience du système et le contrôle sur l'adaptation . . . 133
5.2.5.1 Conscience et contrôle pour l'utilisateur *133*
5.2.5.2 Conscience et contrôle pour l'administrateur *134*
5.2.6 La ludification adaptative à long terme 135

Bibliographie 136

Annexes 150

I Publications et communications 151
A Publications scientifiques issues des travaux de thèse
B Publications scientifiques issues du stage de recherche
C Publications et actions de vulgarisation issues des travaux de thèse

II Guide de conception de fonctionnalités ludiques [version 1] 153
A Introduction au processus de ludification
B Processus de conception d'une fonctionnalité ludique
C1 Eléments à compléter pour la création de fonctionnalités ludiques
C2 Mécaniques pour déterminer les types de joueurs liés à un élément
C3 Les types de joueurs du profil BrainHex

III Evaluation du guide de conception de fonctionnalités ludiques [version 1] 159
A Grille d'entretien semi-directif
B Notes d'entretien sur le contexte d'utilisation
C Notes d'observation de la réunion de conception
D Notes d'entretien sur l'utilisation du guide
E Conclusions sur les avantages et les points faibles du guide

IV Guide de conception de Fonctionnalités Épiphytes Ludiques (FEL) [version 2] 163
A Introduction
B Règles de définition
C Propriétés des FEL
D Types de joueurs
E Processus de conception

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

C1 Détail des propriétés
C2 Détail des types de joueurs
C3 Exemple de fiche de spécifications complétée

V Questionnaire BrainHex en Français 179

VI Questionnaire final de l'expérience 1 182

VII Questionnaire de motivation 183

VIII Protocole d'évaluation de l'algorithme de mise à jour du profil 184
A Hypothèses de recherche
B Matériel
C Protocole

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Liste des figures

Figure 1 La ludification : des éléments de jeu, dans (Deterding *et al.*, 2011a)
Figure 2 Les conditions du *flow*, représentées dans (Csikszentmihalyi, 1991)
Figure 3 Le *framework Who, Why, How, What*, dans (Klock *et al.*, 2015)
Figure 4 Les éléments du framework MDA, dans (Hunicke *et al.*, 2004)
Figure 5 Le *framework* DMC représenté par Marache-Francisco (2014)
Figure 6 Les 4 catégories des cartes du jeu *AddingPlay* (PlayGen, 2012)
Figure 7 Gamification Design *Framework* de Fitz-Walter (2015)
Figure 8 Arbre de décision « *social elements* » de Marache-Francisco et Brangier (2013)
Figure 9 Représentation des quatre types de joueurs de Bartle (1996)
Figure 10 Association entre quêtes et types de personnalité, dans (Natkin *et al.*, 2007)
Figure 11 Travaux contribuant à l'établissement de liens entre des éléments de jeu concrets et la personnalité du joueur
Figure 12 Associations entre mécaniques de jeu et désirs humains dans (Bunchball, 2010)
Figure 13 Lier fonctionnalités ludiques et types de joueurs
Figure 14 Architecture du système de ludification adaptative
Figure 15 Représentation cyclique du processus d'adaptation
Figure 16 Vue globale d'une Fonctionnalité Épiphyte Ludique (FEL)
Figure 17 Règles définissant une Fonctionnalité Épiphyte Ludique
Figure 18 Exemple d'actions qui ont une influence sur une FEL
Figure 19 Exemple d'informations d'une FEL
Figure 20 Exemple de fonctionnement d'une FEL
Figure 21 Exemple de représentation d'une FEL
Figure 22 Les quatre caractéristiques structurantes d'une FEL
Figure 23 Vue globale détaillée d'une Fonctionnalité Épiphyte Ludique (FEL)
Figure 24 Représentation du modèle de la Q-matrice, dans (Desmarais *et al.*, 2012a)
Figure 25 Un exemple d'application du modèle de joueur R = A x B
Figure 26 Algorithme du calcul de score d'adaptation d'une FEL
Figure 27 Algorithme de la mise à jour du profil de joueur suite à une interaction avec une FEL
Figure 28 Cartes de propriétés des FEL
Figure 29 Résumé des propriétés des FEL
Figure 30 Capture d'écran du Projet Voltaire sans aucune fonctionnalité ludique active
Figure 31 Capture d'écran des étoiles
Figure 32 Résumé des propriétés des étoiles
Figure 33 Capture d'écran du tableau de scores
Figure 34 Résumé des propriétés du tableau de scores
Figure 35 Capture d'écran des astuces

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Figure 36 Résumé des propriétés des astuces
Figure 37 Capture d'écran du randonneur
Figure 38 Résumé des propriétés du randonneur
Figure 39 Capture d'écran du chronomètre
Figure 40 Résumé des propriétés du chronomètre
Figure 41 Résumé des propriétés superposées des cinq FEL développées dans le Projet Voltaire
Figure 42 Implantation du système de ludification adaptative dans le Projet Voltaire
Figure 43 Complexité d'usage selon le nombre de fonctionnalités
Figure 44 FEL avec caractéristiques interchangeables
Figure 45 Développement d'un modèle de joueur spécifique à une implantation du système
Figure 46 Intégration d'un modèle contextuel
Figure 47 Sources d'enrichissement du modèle de traces
Figure 48 Une interface de paramétrage pour l'administrateur

Liste des équations

Équation 1 Équation de sélection des FEL
Équation 2 Équation de mise à jour du profil (USE)
Équation 3 Équation de mise à jour du profil (OFF)

Liste des tableaux

Tableau 1 Propriétés liées aux actions
Tableau 2 Propriétés liées aux informations
Tableau 3 Propriétés liées au fonctionnement
Tableau 4 Propriétés liées à la représentation
Tableau 5 Application du *framework* de FEL au chronomètre de Duolingo
Tableau 6 Association entre fonctionnalités et types de joueurs pour l'expérimentation 1
Tableau 7 Attribution des fonctionnalités pour l'expérimentation 1
Tableau 8 Types de joueurs dominants parmi les participants
Tableau 9 Amusement et utilité perçus selon les fonctionnalités
Tableau 10 Types de joueur dominants prédits et correspondance avec les types de joueurs réels selon le questionnaire BrainHex
Tableau 11 Amusement et utilité perçus des fonctionnalités selon l'adaptation
Tableau 12 A-matrice issue de la consultation des experts
Tableau 13 Répartition des fonctionnalités actives selon les groupes
Tableau 14 Durée moyenne et nombre de sessions passés sur le Projet Voltaire
Tableau 15 Effectifs des groupes avec et sans chaque fonctionnalité

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Tableau 16 Temps passé sur le Projet Voltaire selon les fonctionnalités attribuées
Tableau 17 Résultats sur la motivation des participants
Tableau 18 Nombre de répondants selon les fonctionnalités attribuées
Tableau 19 Appréciation des fonctionnalités selon les groupes
Tableau 20 Effectifs selon les binômes de fonctionnalités attribués dans les groupes FA et FC
Tableau 21 Durée, amotivation et appréciation des fonctionnalités pour les participants avec les fonctionnalités (2 et 5) ou (3 et 4)
Tableau 22 Nombre d'utilisateurs ayant interagi avec les fonctionnalités et nombre total d'interactions
Tableau 23 Nombre d'utilisateurs ayant interagi avec chaque fonctionnalité dans chaque groupe
Tableau 24 Nombre d'utilisateurs ayant fermé chaque fonctionnalité dans chaque groupe

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

1 Introduction

1.1 Contexte de la thèse 14
1.1.1 Domaine de recherche : EIAH, jeux sérieux et ludification . . . 14
1.1.2 Contexte industriel : Woonoz et le Projet Voltaire 15

1.2 Problématique scientifique : l'adaptation de la ludification 16
1.2.1 La ludification pour motiver à apprendre 16
1.2.2 Prise en compte des profils individuels 17
1.2.3 Modèle de joueur et mécaniques adaptatives 18

1.3 Démarche et organisation de la thèse 18
1.3.1 Démarche de recherche 18
1.3.2 Organisation du manuscrit 19

Ce premier chapitre introduit le contexte et les motivations de nos travaux de recherche. Nous présentons d'abord le domaine général de recherche et le contexte industriel dans lequel s'inscrivent ces travaux. Nous présentons ensuite la problématique scientifique à laquelle cette thèse entend répondre. Nous introduisons finalement le plan de ce manuscrit.

1.1 Contexte de la thèse

1.1.1 Domaine de recherche : EIAH, jeux sérieux et ludification

Les ordinateurs sont de nos jours couramment utilisés pour enseigner et apprendre. L'apprentissage informatisé (*e-learning*) est en pleine expansion pour la formation professionnelle mais aussi pour la formation initiale. Le domaine de recherche des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), regroupe des chercheurs de plusieurs disciplines (informatique, sciences de l'éducation, sciences de l'information et de la communication, etc.). Il s'intéresse à la conception d'environnements spécifiques pour favoriser l'apprentissage dans de nombreux domaines et dans des contextes très variés (en présence ou à distance, individuel ou collaboratif, etc.) (Tchounikine, 2002).

Depuis quelques années ont émergé des recherches plus spécifiquement orientées vers la conception de jeux sérieux ("*serious games*"), définis comme étant des jeux qui n'ont pas le divertissement comme buts premiers (Michael et Chen, 2005). Les jeux éducatifs ("*learning games*") appartiennent à un type spécifique de jeux sérieux ayant pour finalité l'apprentissage. Les recherches sur les jeux éducatifs s'intéressent notamment à la manière dont le scénario ("*gameplay*") et les ressorts du jeu peuvent favoriser l'apprentissage de contenus pédagogiques d'une manière ludique pour les apprenants.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

L'un des constats actuels est qu'il est très difficile dans de tels jeux d'équilibrer les aspects ludiques et l'apprentissage (George, 2010, Lavoué 2012). D'une part, les joueurs peuvent prendre du plaisir à jouer sans pour autant retenir beaucoup de connaissances intégrées dans le jeu. D'autre part, les jeux trop orientés sur les connaissances à acquérir, au détriment des aspects ludiques, vont être perçus comme ennuyeux par les apprenants (Bodin *et al.*, 2011).

La ludification se présente comme une nouvelle approche pour l'intégration d'éléments ludiques avec des éléments pédagogiques de l'environnement d'apprentissage. Elle se définit comme l'usage d'éléments de jeu dans des contextes non ludiques (Deterding *et al.,* 2011a). Parmi les éléments de ludification les plus connus, on compte les systèmes de points, les badges (trophées virtuels obtenus pour la réalisation d'une tâche) et les tableaux de scores. Si un environnement d'apprentissage ludifié est un objet distinct d'un jeu sérieux, pour autant la ludification apparaît comme un domaine de recherche très proche du jeu sérieux. Ils partagent notamment la préoccupation de l'intégration entre jeu et apprentissage, ou encore l'étude des mécaniques de jeu. La ludification sera largement définie et étudiée dans cette thèse (cf. section 2.1).

1.1.2 Contexte industriel : Woonoz et le Projet Voltaire

Cette thèse est financée par un contrat CIFRE réalisé avec la société Woonoz, créée à Lyon en octobre 2005. Woonoz a développé un environnement d'apprentissage basé sur une technologie permettant l'acquisition de connaissances sur le long terme. Ainsi le système prend en compte en temps réel l'état de connaissances de l'apprenant et sa façon de mémoriser pour lui proposer une séquence d'apprentissage adaptée. Ce phénomène est appelé Ancrage mémoriel ®. Le moteur d'Ancrage mémoriel ® de Woonoz est utilisé dans des domaines de connaissances très variés. Le produit le plus utilisé de Woonoz est un environnement d'apprentissage appelé Projet Voltaire, dont l'objet est l'apprentissage de l'orthographe.

La maîtrise de l'orthographe est actuellement un enjeu majeur dans les écoles comme dans les entreprises. Il met en jeu la crédibilité de l'auteur dans les communications par écrits, notamment à travers les e-mails. Pourtant le niveau moyen des français en orthographe ne cesse de diminuer (Projet Voltaire, 2015). Avec le Projet Voltaire, Woonoz propose aux entreprises, aux écoles et aux particuliers un outil de remise à niveau en orthographe. Il a été utilisé jusqu'à aujourd'hui par plus de 400 entreprises et 1000 établissements d'enseignement, pour un nombre total d'utilisateurs qui dépasse deux millions.

Dans les faits, les élèves d'un établissement n'utilisent le Projet Voltaire que lorsque les résultats sont pris en compte pour leurs examens, ou éliminatoires en dessous d'un certain niveau. La problématique de l'orthographe apparaît bien souvent comme secondaire pour les apprenants, alors qu'elle ne l'est ni pour les enseignants, ni pour les dirigeants d'entreprise. Le déploiement massif du Projet Voltaire au sein d'établissements de formation doit alors être accompagné d'une démarche motivante

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

pour que l'utilisation de l'outil soit satisfaisante. Le Projet Voltaire se présente donc comme un terrain d'application et d'expérimentation intéressant pour la ludification.

1.2 Problématique scientifique : adaptation de la ludification

1.2.1 La ludification pour motiver à apprendre

Au-delà de la problématique de l'engagement sur le Projet Voltaire, plus largement c'est la question de la motivation dans l'apprentissage en ligne qui est posée. L'apprentissage en ligne est un domaine dans lequel la motivation fait défaut, notamment à cause du manque d'interactions entre élèves et enseignants (Liaw, 2008). Ce manque de motivation est souvent la cause de taux d'abandons élevés dans les formations en ligne. Pourtant, une meilleure motivation pourrait amener les apprenants à rester plus longtemps sur la plateforme d'apprentissage, à se connecter plus souvent, mais aussi à mettre en place des stratégies de mémorisation qui rendent l'apprentissage plus efficace (Fenouillet et Tomeh, 1998).

Dans le même temps, les recherches dans le domaine de l'apprentissage ludique visent à rendre l'apprentissage plus amusant et engageant pour l'utilisateur en appliquant principalement deux approches : les jeux éducatifs ("*learning games*") et la ludification. Les jeux éducatifs sont définis par Prensky (2001) comme l'usage de jeux dans un but d'apprentissage, tandis que la ludification s'appuie sur l'usage de seulement certains éléments issus des jeux (Deterding *et al,*. 2011a). D'une part avec les jeux éducatifs, les mécaniques de jeu se trouvent au cœur de l'activité. En conséquence, transformer une application en jeu éducatif requiert des changements en profondeur qui peuvent être coûteux et prendre beaucoup de temps (Marfisi-Schottman *et al.*, 2010). D'autre part, avec la ludification les éléments de jeu sont plus périphériques à l'activité. Dans cette thèse, nous souhaitons améliorer la motivation des apprenants sur des environnements d'apprentissage déjà existants, c'est pourquoi nous nous intéressons à l'approche par la ludification.

La ludification est une approche prometteuse pour traiter le problème de la motivation. De par sa nature technologique, l'un des domaines où la ludification peut avoir un grand impact est l'apprentissage en ligne (e-learning) (Domínguez *et al.,* 2013). Par ailleurs, la ludification a démontré à plusieurs reprises son efficacité pour motiver les utilisateurs dans un contexte d'apprentissage (Hamari *et al.,* 2014). Notre objectif est de ludifier en intégrant des fonctionnalités ludiques dans des environnements d'apprentissages existants. Nous veillons donc à ce que les fonctionnalités ludiques n'affectent pas l'apprentissage. Par exemple, il s'agira de récompenser l'apprenant par un badge virtuel à la fin d'une activité sans changer le scénario de cette activité.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

1.2.2 Prise en compte des profils individuels

De nombreux travaux de recherche en EIAH visent à rendre l'apprentissage plus efficace en prenant en compte le modèle de connaissance des apprenants. Cependant les préférences des utilisateurs en tant que joueurs sont encore très peu considérées. Pourtant, les utilisateurs présentent des réponses émotionnelles différentes face aux mêmes mécaniques de jeu. Par exemple certaines personnes sont très sensibles à la compétition alors que d'autres ne le sont pas du tout (Domínguez *et al.,* 2013). Bouvier *et al.* (2014a) ont également montré que les utilisateurs ont des comportements différents face à un environnement d'apprentissage donné. Par exemple, dans les jeux de guerre, certains joueurs ignorent la campagne solo et passent directement au mode multijoueur, tandis que d'autres ne font que la campagne solo. La première classification de types de joueurs pour les jeux vidéo est celle de Bartle (1996), mais depuis, la diversité des personnalités de joueurs a été mise en évidence à maintes reprises et dans des contextes ludiques divers (pour plus de détails, voir section 2.2.2). Nos travaux reposent sur l'hypothèse que les systèmes de ludification sont plus efficaces pour engager les utilisateurs s'ils prennent en compte la diversité des profils de joueurs.

Actuellement, l'approche dominante pour la ludification est d'utiliser en priorité les éléments ludiques dont l'efficacité a été prouvée, comme les accomplissements et les badges (Hamari, 2015a). Par exemple, le travail de Kuo *et al.* (2014) visait à comparer l'efficacité de différents éléments de ludification pour identifier les meilleurs. Ces éléments ont ensuite été intégrés dans l'application cible pour tous les utilisateurs. C'est donc l'approche « *one size fits all* » qui domine, ne prenant pas en compte le fait que certains utilisateurs ne seront pas ou peu motivés par les éléments proposés.

Une seconde approche vise à prendre en compte la diversité des types de joueurs : il s'agit d'intégrer des éléments ludiques correspondant à tous les types de joueurs connus. Certains guides de ludification proposent par exemple aux concepteurs de prendre connaissance de la classification de joueurs de Bartle pour ensuite intégrer des éléments associés à chacun des quatre types (Muletier *et al.*, 2014). Cette approche présente deux problèmes. Le premier est qu'intégrer trop d'éléments ludiques dans l'interface risque de surcharger celle-ci, provoquant alors un effet négatif sur l'utilisabilité. Le second problème est que cette approche conduit à donner aux utilisateurs d'un type de joueur A des éléments qui sont adaptés à un type de joueur B, ignorant ainsi la théorie des types de joueurs sur laquelle reposent les différentes classifications (Bartle, 2012).

Nous pensons comme Vassileva (2012) que les mécaniques incitatives ont besoin d'être personnalisées, car chaque personne a des motivations différentes qui dépendent de sa personnalité, sexe, âge, éducation, étape dans sa vie, culture, intérêts, priorités, etc. Par conséquent, dans cette thèse nous souhaitons proposer un modèle et un processus génériques pour ludifier un environnement d'apprentissage de façon

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

adaptative. Le système résultant propose par exemple un tableau de scores à un utilisateur qui a un profil compétitif, et une fonctionnalité de partage à un utilisateur qui a un profil plus social.

1.2.3 Modèle de joueur et mécaniques adaptatives

Adapter la ludification nous place devant deux difficultés majeures. La première difficulté est de créer un modèle pour l'adaptation. Cela implique dans un premier temps de construire un modèle de joueur, puis d'utiliser ce modèle pour savoir adapter l'environnement de l'utilisateur en sélectionnant les mécaniques de jeu qui lui conviennent. Si plusieurs modèles d'adaptation existent dans les jeux (nous les étudierons dans la section 2.2.1), ce n'est pas encore le cas pour la ludification.

Le second obstacle à l'adaptation est la construction d'un environnement cohérent avec des mécaniques de jeu différentes selon les utilisateurs. De nombreux auteurs pointent l'importance d'adapter et personnaliser le système ludique, mais pourtant très peu le mettent en œuvre. En effet comme l'explique Vassileva (2012), la plupart des *mécaniques incitatives* existantes ne sont pas personnalisées car concevoir des mécaniques d'incitation est comme construire les règles d'un jeu : il est difficile de jouer à un jeu dans lequel les règles ne sont pas les mêmes pour tous. Par exemple si nous adaptons les règles des échecs pour en faire une version collaborative, alors un joueur auquel convient la version compétitive ne pourra jamais faire une partie avec un joueur auquel convient la version collaborative, les règles étant probablement incompatibles. Le problème se pose également dans le cas où les utilisateurs ne jouent pas directement ensemble, Charles *et al.* (2005) précisent que l'adaptation pourrait créer des expériences de jeu différentes selon les joueurs, et par conséquent les joueurs ne pourront pas facilement comparer leurs expériences ou se vanter de leurs succès. Nous devons donc chercher sous quelle forme les mécaniques de jeu peuvent être implémentées, de façon à s'appliquer à certains joueurs sans affecter les autres, et en maintenant une activité d'apprentissage basée sur les mêmes contenus pour tous.

1.3 Démarche et organisation de la thèse

1.3.1 Démarche de recherche

Nous avons effectué les travaux de recherches de cette thèse suivant une démarche itérative. Nous avons commencé par un état de l'art des recherches sur la ludification et les techniques d'adaptation dans les jeux. Ce travail nous a permis de construire un premier modèle d'adaptation de la ludification, et de réaliser une implémentation de ce modèle dans le Projet Voltaire. Nous avons ensuite testé les différents aspects du premier modèle d'adaptation auprès de collégiens, notamment le choix d'éléments ludiques adaptés à son profil et la prédiction du profil d'un utilisateur à partir de son comportement.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Suite à cette première expérience, nous avons réalisé deux itérations complètes supplémentaires. Le deuxième cycle était centré sur le choix des éléments ludique à partir du profil de joueur. Le troisième cycle était centré sur la prédiction du profil de joueur à partir de son comportement. La ludification étant une thématique nouvelle dans la recherche, nos travaux se sont enrichis de nombreuses publications récentes au début de chaque cycle.

1.3.2 Organisation du manuscrit

Après cette introduction, le deuxième chapitre de la thèse présente un état de l'art détaillé sur les usages de la ludification dans l'apprentissage en ligne et les méthodes d'adaptation dans la ludification et le jeu. Cet état de l'art met en évidence le manque d'adaptation dans la ludification, mais montre par ailleurs que les techniques d'adaptation utilisées dans les jeux vidéo peuvent être appliquées à la ludification.

Nous présentons nos contributions pour la ludification adaptative dans le chapitre 3. Ce chapitre décrit une architecture générique pour ajouter une couche de ludification adaptative à un environnement d'apprentissage existant. Son fonctionnement repose sur des fonctionnalités ludiques dont la structure leur permet d'être activées ou désactivées indépendamment selon les utilisateurs. Nous présentons également dans ce chapitre un processus d'adaptation dynamique basé sur deux algorithmes : le premier sélectionne la fonctionnalité adaptée à un utilisateur selon son profil, et le second prédit le profil d'un utilisateur selon son activité.

Le chapitre 4 est dédié à l'implantation du système proposé et aux expériences mises en œuvre pour l'évaluer. Trois expérimentations sont présentées. La première valide l'implémentation du système et donne des pistes d'améliorations. La deuxième expérimentation et la troisième sont focalisées sur la sélection des fonctionnalités selon le profil de joueur.

Dans le chapitre 5 nous apportons nos conclusions, ainsi que les limites et perspectives de poursuite de ces travaux.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

2 État de l'art : Ludification des EIAH et adaptation dans les jeux

2.1 Motivation des apprenants avec la ludification 21
2.1.1 La ludification 21
2.1.1.1 Historique de la ludification 21
2.1.1.2 Définition de la ludification 22
2.1.2 Ludification et théories de la motivation 23
2.1.2.1 Théories de la motivation 23
2.1.2.2 Les facteurs de motivation dans les jeux 25
2.1.3 Ludification et apprentissage humain 27
2.1.3.1 Appliquer la ludification à l'apprentissage 27
2.1.3.2 Cas pratiques et retours d'expériences 28
2.1.4 Éléments de jeu 30
2.1.4.1 Approches sémantiques des éléments 30
2.1.4.2 Classifications structurelles des éléments 32
2.1.5 Processus de ludification 34
2.1.5.1 Recueils de mécaniques de jeu 34
2.1.5.2 Processus global de ludification 35
2.1.5.3 Associer recueil de mécaniques et processus global 37
2.1.6 Éthique et dérives 39
2.1.6.1 Les abus : travail gratuit et biens virtuels payants 39
2.1.6.1 Les erreurs : expérience pauvre et réactions inattendues 40

2.2 Adaptation, des jeux à la ludification 41
2.2.1 Modèle de joueur 41
2.2.1.1 L'utilisateur : apprenant et joueur 41
2.2.1.2 Typologies de joueurs 42
2.2.2 Adaptation dans les jeux 45
2.2.2.1 Techniques d'adaptation 46
2.2.2.2 Adaptation basée sur des profils de joueur 46
2.2.3 De l'élément ludique vers le type de joueur 48
2.2.3.1 Du jeu au joueur 48
2.2.3.2 Lier le joueur à des types de personnalité 50
2.2.3.3 Lier le joueur à des mécaniques de jeu 50
2.2.3.4 Lier le joueur à des fonctionnalités ludiques 51

2.3 Conclusion 52

Dans ce chapitre, nous proposons un état de l'art des travaux relatifs à la ludification et à l'adaptation dans le domaine du jeu.

Dans la première partie, nous commençons par définir la ludification et étudier les mécanismes motivationnels qu'elle met en œuvre. Nous passons en revue les usages de la ludification dans les EIAH et les retours d'expérience sur ces usages. Nous étudions les différents types d'éléments de jeu qui composent la ludification afin

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

d'en définir la structure. Nous passons aussi en revue les différents guides de ludification à destination des concepteurs de systèmes ludifiés. Enfin, nous nous positionnons par rapport aux questions éthiques et dérives liées à la ludification.

Dans la seconde partie nous nous focalisons sur les outils et méthodes pour l'adaptation. Nous passons tout d'abord en revue les différentes typologies de joueurs existantes sur lesquelles peut s'appuyer le modèle de joueur pour l'adaptation. Nous étudions également les techniques d'adaptation utilisées dans les jeux vidéo. Enfin, nous étudions et prenons position par rapport aux différents travaux qui associent des éléments de jeu à des caractéristiques des profils de joueurs.

2.1 Motivation des apprenants avec la ludification

Nous présentons dans un premier temps un état de l'art détaillé de la ludification et de ses usages dans le domaine des EIAH.

2.1.1 La ludification

2.1.1.1 Historique de la ludification

La ludification est un mot récent qui désigne un phénomène qui ne l'est pas. Pendant longtemps les écoliers ont été récompensés par un système de bons points et autres tableaux d'honneur. L'utilisation des badges comme récompense est également une pratique courante chez les Scouts. Cependant l'utilisation de mécaniques de jeu dans des contextes non ludiques a pris une nouvelle forme avec l'arrivée des nouvelles technologies, en s'installant progressivement sur le web. En 2008, certains chercheurs étudiaient déjà les éléments de la ludification sans la nommer ainsi (McGinnis *et al.*, 2008, Charles *et al.*, 2009). Ils parlaient alors de *game inspired tool* ou de *patterns from computer games*.

Par la suite, l'adoption généralisée du terme *gamification* au début des années 2010 a mené à des études permettant de mieux cerner le concept afin de l'améliorer, puis de l'appliquer à des contextes nombreux et divers. La ludification a notamment été appliquée à l'apprentissage en classe (Sanchez *et al.*, 2015), au marketing (Huotari et Hamari, 2012), au travail (Kumar et Herger, 2013), à la santé (Wilson et McDonagh, 2014), au crowdsourcing (Venhuizen *et al.*, 2013), ou encore à la citoyenneté (Coronado Escobar et Vasquez Urriago, 2014). D'après Google Scholar, seulement deux publications scientifiques comportaient le terme *gamification* dans leur titre en 2010, ce nombre ayant ensuite été porté à 452 en 2014. La ludification est maintenant l'objet central de nombreux livres et plusieurs thèses lui ont déjà été consacrées, notamment dans le domaine de l'ergonomie (Marache-Francisco, 2014), de l'ingénierie des systèmes d'information (Fitz-Walter, 2015) et du management (Höglund, 2014, Bell, 2014).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

L'allemand et l'anglais étant des langues germaniques, les germanophones et les anglophones ont naturellement adopté le terme *gamification* issu du germanique *gamana* (« amusement »). Pour cette thèse en français (langue romane), **nous utilisons dans cette thèse le terme ludification**, comme l'ont fait les hispanophones en adoptant le terme *ludificación*.

2.1.1.2 Définition de la ludification

Étymologiquement, la ludification associe la racine *ludus* (« le jeu ») au suffixe –fication issu du latin *facere* (« faire »). Selon une interprétation littérale, ludifier serait donc transformer en jeu. Cependant la définition de la ludification est plus précise que le fait de faire un jeu. De par sa nature complexe, la ludification a été définie de nombreuses fois. Dans une synthèse, Marache-Francisco et Brangier (2015) ont identifié 20 publications qui caractérisent la ludification. La définition la plus reconnue dans la littérature scientifique est celle de Deterding *et al.* (2011a). Les auteurs définissent la ludification comme **l'utilisation d'éléments de conception de jeu dans des contextes non-jeux** (« *the use of game design elements in non game contexts* »). C'est sur cette définition que nous nous appuyons dans cette thèse. Nous en résumons ci-après chacun des termes importants.

Game. Premièrement, la ludification est associée à ce qu'on appelle le *game* par opposition au *play*. Cette distinction fait référence aux concepts *ludus* et *paidia* définis par Caillois. Selon *ludus*, le jeu est une activité structurée par des règles et ayant un but précis. Selon *paidia*, c'est une activité plus libre, expressive, improvisée. Cette distinction existe aussi en Français. Dans le premier cas on considère que l'artefact manipulé est un jeu, et dans le second cas c'est un jouet. Cette distinction est placée sur l'axe vertical de la figure 1.

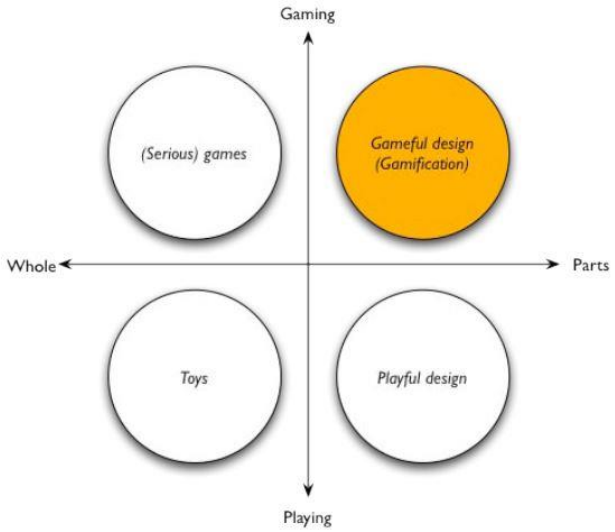


Figure 1 La ludification : des éléments de jeu, dans (Deterding *et al.*, 2011a)

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Element. Là où un jeu sérieux est considéré comme un jeu dans son intégralité, la ludification n'intègre que des éléments de jeu. Cette distinction est placée sur l'axe horizontal de la figure 1. La distinction entre application ludifiée et jeu sérieux est parfois subtile mais elle n'est pas anodine. Les éléments de jeu permettent notamment d'enrichir l'interface d'une application sans la modifier fondamentalement, ce qui n'est pas le cas avec un jeu. Ce positionnement n'est pas insignifiant, quand certains auteurs considèrent encore que les jeux sérieux font partie de la ludification (Kapp, 2012, Nah *et al.*, 2013).

Design. Deterding *et al.* (2011a) précisent que ce sont des éléments de conception (*design*) de jeu qui sont considérés, par opposition aux éléments technologiques. Par exemple les technologies de visualisation 3D et de capture de mouvement sont très utilisées dans les jeux vidéo, mais ne seront pas pour autant considérées comme de la ludification (nous discutons plus en détails de ce qu'est un élément de jeu dans la section 2.1.4).

Non game contexts. Les auteurs ne souhaitent pas limiter la définition de la ludification à certains contextes d'application, cependant ils excluent celui des jeux qui sont déjà par définition ludiques. Il est vrai que les mécaniques utilisées dans la ludification peuvent parfois être appliquées à des jeux, comme par exemple l'ajout d'un système de badges à des jeux existants (Hamari et Eranti, 2011), mais dans ce cas on parlera plutôt de méta-jeux que de ludification.

2.1.2 Ludification et théories de la motivation

Plusieurs théories expliquent comment la ludification peut agir sur la motivation des utilisateurs. Certaines sont issues de travaux en psychologie qui ont plus tard été appliqués à la ludification. D'autres sont issues de travaux sur la motivation dans les jeux vidéo.

2.1.2.1 Théories de la motivation

Dans cette section, nous étudions des théories issues de travaux sur la motivation, qui par la suite ont été appliquées au jeu et à la ludification.

Si la motivation est souvent traitée comme un élément singulier, elle correspond en réalité à différents facteurs ayant chacun leurs propres conséquences. Les notions fondamentales associées à la motivation ont été définies par Ryan et Deci (2000). La **motivation intrinsèque** se réfère à la réalisation d'une activité pour la satisfaction directement tirée de cette activité. Au contraire, la **motivation extrinsèque** se rapporte à la réalisation d'une activité dans un but distinct de l'activité elle-même. Les motivations intrinsèque et extrinsèque constituent les deux formes de motivation autodéterminée. À l'extrême opposé, on appelle alors **amotivation** l'absence totale de motivation autodéterminée.

La *Self-Determination Theory* (SDT) de Ryan et Deci (2000) vise à expliquer ce qui motive les individus. Selon cette théorie, chacun poursuit trois besoins psychologiques fondamentaux :

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

- ***Competence*** : besoin de savoir gérer un problème de façon effective,
- ***Autonomy*** : besoin de contrôler soi-même sa vie, motivation
- ***Relatedness*** : besoin d'interagir et d'être connecté avec d'autres.

Les tâches dans lesquels vont s'impliquer les individus cherchent donc à satisfaire ces besoins. Ceux-ci sont généralement très bien couverts par les jeux vidéo (Ryan *et al.*, 2006), ce qui en fait une activité particulièrement motivante. Plusieurs publications contribuant à définir la ludification au début des années 2010 parlent de la *Self-Determination Theory* comme un outil pour veiller à ce que la ludification ait du sens pour l'utilisateur, et ne soit pas seulement une somme de mécaniques (Deterding, 2011c, Nicholson, 2012, Groh, 2012).

La littérature sur la motivation est souvent associée au terme d'engagement. Ce terme utilisé dans des contextes très variés prête à confusion, puisque souvent associé à des concepts tels que l'attention, l'immersion ou l'implication. Bouvier *et al.* (2014a) définissent l'**engagement** comme la volonté d'avoir des émotions, affects et pensées dirigées vers et suscitées par l'activité concernée afin d'atteindre un objectif précis.

Quand un utilisateur est hautement engagé dans une activité, il peut perdre la notion du temps pour s'immerger totalement dans ce qu'il fait. Le psychologue Csikszentmihalyi (1991) appelle cet état particulier le ***flow***, défini comme la sensation qu'un individu ressent quand il agit en implication totale. Les jeux vidéo sont reconnus pour avoir une bonne capacité à créer l'état de *flow*. Pour Csikszentmihalyi, la condition principale du *flow* est de présenter à l'utilisateur un niveau de challenge parfaitement adapté à son niveau de compétences (figure 2), puis d'augmenter graduellement la difficulté en suivant l'évolution de compétences de l'utilisateur. Si la difficulté est trop faible l'utilisateur tombe dans un état d'ennui, et si elle est trop forte il tombe dans un état d'anxiété.

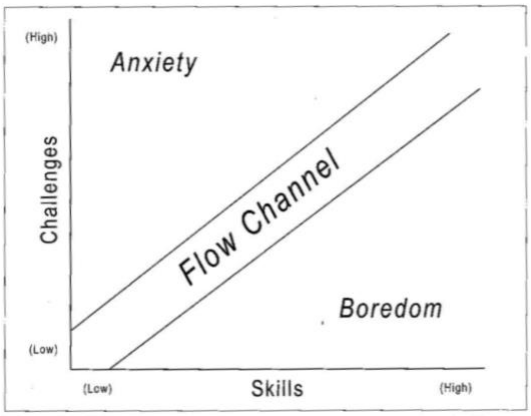


Figure 2 Les conditions du *flow*, représentées dans (Csikszentmihalyi, 1991)

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

La théorie du *flow* se décline suivant un certain nombre de principes de conception : tâche accessible, objectifs clairs, feedback immédiat, sensation de contrôle. Certains principes de la théorie du *flow* coïncident avec des éléments de ludification, en particulier l'utilisation de feedbacks immédiats sur l'activité de l'utilisateur (Kapp, 2012). Cependant nous considérons que dans un contexte éducatif, la plupart d'entre eux sont inhérents à l'activité elle-même (comme fixer des objectifs clairs, donner à l'utilisateur le contrôle sur l'activité) et ne dépendent pas du système de ludification ajouté.

2.1.2.2 Les facteurs de motivation dans les jeux

Les facteurs de motivation dans les jeux peuvent être classés suivant deux angles différents dans la littérature : les facteurs intrinsèques au jeu et les facteurs intrinsèques au joueurs.

Caillois est reconnu comme l'un des premiers à avoir étudié les motivations dans les jeux. Dans le livre *Man, Play and Games* (Caillois 1961), il identifie quatre catégories de jeux en fonction de leur *gameplay* :

- ***Agôn*** : Cette catégorie correspond à la compétition, situation dans laquelle l'utilisateur est face à un adversaire contre lequel il va gagner ou perdre.
- ***Alea*** : Cette catégorie correspond aux jeux de hasard, dans lesquels la réussite est attribuée à la chance.
- ***Mimicry*** : Dans cette catégorie il s'agit des simulations et des jeux dans lesquels le joueur doit endosser un rôle.
- ***Ilinix*** : Cette dernière catégorie est celle dans laquelle le joueur va chercher à altérer sa perception, sentir le vertige ou se désorienter

Malone et Lepper (1987) ont identifié quatre catégories de motivations intrinsèques au jeu qui ont un impact sur l'engagement des apprenants et l'acquisition de connaissances : (1) un niveau optimal de **défi**, caractérisé par des activités ni trop difficiles ni trop faciles pour l'apprenant-joueur, (2) la **curiosité**, qui prend la forme d'activités comportant des éléments de surprise et de nouveauté d'un point de vue cognitif ou sensoriel, (3) le **contrôle** d'un environnement spécifique qui se définit par la présence d'un grand nombre d'options, ainsi que la correspondance entre le résultat des actions et les attentes des joueurs, et (4) un monde fictionnel ou **imaginaire** qui répond à des besoins d'ordre émotionnel en autorisant le joueur à vivre des expériences gratifiantes comme le pouvoir ou le succès.

Plus tard, Lazzaro (2004) a identifié quatre types de motivations dans les jeux :

- ***Hard fun*** : Les joueurs se retrouvent face à un challenge difficile.
- ***Easy fun*** : Les joueurs s'immergent dans un monde fantastique à découvrir.
- ***Altered states*** : Les joueurs recherchent des sensations extrêmes et excitantes.
- ***People factor*** : Les joueurs s'amusent dans un cadre social.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Les quatre clés de la motivation de Lazzaro identifient les attitudes dominantes dans certains moments de jeu. Selon ce modèle, un joueur peut un jour avoir envie d'un jeu dans lequel il sera mis à l'épreuve (*hard fun*), et un autre jour un jeu moins éprouvant dans lequel il sera plus en position de découverte (*easy fun*).

L'une des contributions les plus récentes dans ce domaine est la liste de ressorts de jeux de Mariais (2012). Dans sa thèse, elle s'est basée sur une revue des travaux précédents pour identifier plusieurs ressorts de jeu principaux qu'on retrouve dans les différents types de jeux : *Être en compétition, Relever un défi, Jouer un rôle, Se livrer au hasard, Perdre le contrôle, Agir collectivement* et *Être reconnu*.

Des travaux sur l'analyse de l'engagement dans les jeux sérieux montrent que la motivation des joueurs ne provient pas seulement des caractéristiques intrinsèques au jeu, mais également de facteurs intrinsèques aux joueurs, tels que leurs comportements et émotions. Whitton (2010) propose par exemple un modèle à cinq facteurs d'engagement dans les jeux sérieux, qui combinent facteurs intrinsèques au jeu et au joueur.

- Le **challenge** correspond à la motivation pour entreprendre l'activité, la clarté quant à ce que cela implique et la perception que la tâche est réalisable.
- Le **contrôle** correspond à l'équité de l'activité, le niveau de choix sur les types d'action qui peuvent être pris dans l'environnement, et la vitesse et la transparence des feedbacks.
- L'**immersion** correspond à la mesure dans laquelle l'individu est absorbé dans l'activité.
- L'**intérêt** correspond à l'intérêt intrinsèque de l'individu dans l'activité ou dans son contenu d'apprentissage.
- Le **but** correspond à la valeur perçue de l'activité d'apprentissage, si elle est considérée comme étant utile dans le contexte de l'étude.

Ces facteurs peuvent facilement être transposés en caractéristiques engageantes dans les jeux. Par exemple l'intérêt du joueur peut être favorisé en recommandant au joueur des activités dont le sujet correspond à ses centres d'intérêt.

Bouvier et al. (2014a) ont identifié quatre types de comportements engagés dans les jeux, qui dépendent à la fois des attentes des joueurs et des caractéristiques du jeu :

- **Environnemental** : La contemplation et la curiosité sont des attitudes qui émanent de l'environnement de jeu. Les joueurs engagés par l'environnement veulent augmenter leurs connaissances sur le jeu.
- **Social** : La création et l'animation de relations sociales sont des comportements qui émanent des caractéristiques sociales du jeu. Les joueurs engagés par les caractéristiques sociales aiment notamment le travail d'équipe.
- **De soi** : Le sentiment de possession et d'identification du joueur à son avatar sont associés à l'engagement de soi. Les joueurs engagés par ce qui les représente dans le jeu aiment personnaliser leur avatar ou les objets qu'ils possèdent.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

- **D'action** : La dernière catégorie concerne les comportements motivés par les actions centrales du jeu, avec pour objectif premier de suivre le scénario prévu et réussir les challenges.

Cette typologie de comportements engagés n'a pu être utilisée dans nos travaux puisqu'elle nécessite la connaissance de nombreuses actions des joueurs dans les jeux pour identifier des profils. Les différents travaux sur les facteurs de motivation intrinsèques au jeu permettent de classer les caractéristiques des jeux et types de *gameplay* mais n'ont pas vocation à distinguer les joueurs. Pourtant ils ont été largement repris pour inspirer les travaux sur les types de joueurs dont nous parlons dans la section 2.2.1.2.

2.1.3 Ludification et apprentissage humain

L'éducation est l'un des domaines d'application courants de la ludification. Pour Biró (2014) la ludification serait même la cinquième théorie éducative, dans la ligne du behaviorisme, du cognitivisme, du constructivisme et du connectivisme. Nous ne pensons pas que la ludification détient les clés de l'apprentissage à elle seule, mais elle peut effectivement contribuer à sa réussite.

Dans cette partie nous voyons dans un premier temps comment la ludification peut s'appliquer au contexte de l'apprentissage en général, et des EIAH en particulier. Ensuite nous passons en revue des retours d'expériences pour connaître les conséquences de l'application de la ludification à l'apprentissage.

2.1.3.1 Appliquer la ludification à l'apprentissage

D'après Kapp (2013), il y a deux types de ludification qui peuvent s'appliquer à l'apprentissage : la ludification structurelle et la ludification du contenu. Les éléments de *ludification structurelle* vont accompagner l'apprenant lorsqu'il parcourt les contenus, mais sans affecter ces contenus. Les éléments classiques de ce type de ludification sont alors les points, les badges et les niveaux. Il est également commun d'avoir un tableau de score et un espace social dans lequel les apprenants peuvent partager leurs réussites. À l'opposé, la *ludification du contenu* s'applique directement aux contenus pédagogiques pour créer les mécaniques de jeu. Elle est plus souvent utilisée pour faire émerger une histoire, ou mettre l'apprenant dans un rôle. Dans cette thèse, **nous utilisons la ludification structurelle pour rendre plus engageants des environnements existants sans en affecter le contenu**.

De nombreux *frameworks* sont apparus pour comprendre la ludification et l'appliquer à l'apprentissage. Par exemple Nah *et al.* (2013) proposent un *framework* qui s'appuie sur trois niveaux : les « principes de ludification » tels que l'accomplissement et la compétition, les « éléments de design » tels que les règles, badges et avatar, et les « dimensions de l'engagement » telles que la curiosité et le contrôle. Selon Hamzah *et al.* (2015) la ludification pourrait reposer sur le modèle ARCS de Keller (1983). Ce modèle développé initialement pour l'enseignement se réfère à

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

l'évaluation de la motivation à travers quatre catégories : ***Attention***, ***Relevance***, ***Confidence***, et ***Satisfaction***. Le modèle complété « ARCS+G » de Hamza *et al.* comporte une dimension supplémentaire pour prendre en compte la ludification : G = *Gamification*. Dans ce modèle ils associent des principes de ludification à chaque catégorie du modèle ARCS, par exemple les badges correspondent à la *Satisfaction*. L'un des derniers *frameworks* pour la ludification de l'apprentissage est celui de Klock *et al.* (2015) représenté sur la figure 3. Pour eux, bien concevoir un système de ludification pour l'apprentissage revient à se poser quatre questions : *Who?* : Identifier les acteurs à prendre en compte, étudiants et professeurs. *Why?* : Identifier le but recherché avec la ludification ? Cette question influence fortement les choix des éléments pour savoir quel comportement ils vont encourager. *How?* Déterminer la manière dont les éléments de design aideront à atteindre le but fixé. *What?* : Pour terminer, déterminer concrètement quels éléments seront implantés et sur quelles informations ils vont s'appuyer.

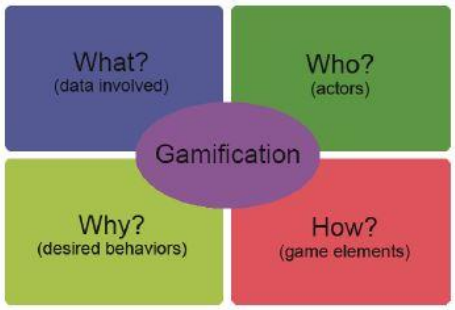


Figure 3 Le *framework Who, Why, How, What*, dans (Klock *et al.*, 2015)

Afin de ludifier l'apprentissage, certains travaux proposent d'intégrer les éléments de jeu au niveau des LMS (*Learning Management System*). Swacha (2014) a travaillé sur l'architecture des LMS ludifiés. Comme Kapp (2012), il classe les éléments de ludification selon qu'ils appartiennent à la ludification de contenu (à redéfinir pour chaque nouveau cours), ou à la ludification structurelle (implantée au niveau du LMS). Par ailleurs Swacha soutient l'idée que l'enseignant qui crée un cours sur un LMS ne doit pas être limité à un nombre de mécaniques de jeu prédéfinies. La solution proposée est alors de mettre à la disposition de ceux qui créent les cours (1) des mécaniques simples (badges, tableaux de scores, etc.) qui peuvent être activées automatiquement, et (2) un système de script permettant à l'enseignant plus expérimenté de développer des mécaniques mieux adaptées à son cours.

2.1.3.2 Cas pratiques et retours d'expériences

Dans le but de déterminer si la ludification produit les effets désirés sur l'engagement, Hamari *et al.* (2014) ont passé en revue 24 expériences sur la ludification publiées de 2008 à 2013. Parmi elles, 10 éléments de jeu sont représentés. Ceux qui apparaissent le plus souvent sont les points, les badges et les tableaux de scores. Dans ces études,

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

l'apprentissage est le contexte le plus fréquent avec 9 articles, et chacun de ces articles concerne l'apprentissage basé sur des outils numériques. Parmi toutes les études comportant des tests statistiques, plusieurs de ces tests rapportent des résultats positifs de l'usage de la ludification par rapport à l'objectif fixé (changement psychologique ou comportemental). Les auteurs concluent que **malgré un manque de méthode expérimentale dans de nombreuses études, il est possible d'affirmer que la ludification fonctionne**.

Leurs recommandations concernant les méthodes expérimentales semblent avoir été suivies, car récemment plusieurs études plus rigoureuses ont été publiées. Par exemple Barata *et al.* (2013) ont comparé l'usage d'une plateforme de cours en ligne sans ludification sur 3 ans puis avec ludification sur 2 ans. Ils ont constaté une augmentation importante de l'activité des étudiants sur la plateforme. Knutas *et al.* (2014) n'ont pas directement ludifié l'activité d'apprentissage (cours et exercices) mais la plateforme d'entre-aide associée. Ils ont ensuite observé une augmentation de l'autonomie des étudiants sur l'activité d'apprentissage. Buckley et Doyle (2014) ont mis en place un système de ludification de contenu complexe, permettant aux étudiants d'acheter et revendre des contrats virtuels. En plus d'un impact positif sur la motivation intrinsèque, ils ont découvert que les étudiants sont allés chercher des connaissances au-delà de celles délivrées en cours. Par ailleurs, Ong *et al.* (2013) ont montré que l'efficacité de la ludification n'est pas conditionnée par l'expérience de jeu passée des utilisateurs. Celle-ci est donc autant efficace chez ceux qui aiment les jeux vidéo que chez les autres.

D'autres recherches sont allées au-delà de la démonstration d'efficacité de la ludification, en visant à déterminer quel élément de jeu est plus efficace que les autres. Par exemple Kuo *et al.* (2014) ont ludifié une plateforme avec trois types de points (point de charisme, d'expérience et de cadeaux), accompagnés de tableaux de scores et de récompenses matérielles (clé USB, porte clé, etc.). D'après leurs résultats, les récompenses virtuelles telles que les trophées et badges à collecter ont été très appréciés, alors que les tableaux de scores et cadeaux matériels ont peu intéressé les utilisateurs. Domínguez *et al.* (2013) ont ludifié une plateforme de cours en ligne en utilisant principalement des trophées qui peuvent être partagés dans un espace social, permettant ainsi aux utilisateurs de se comparer entre eux. Leur système a été efficace mais pas pour tous les utilisateurs. Ils font l'hypothèse que les utilisateurs intéressés par l'accomplissement, la compétition et la complétude ont été satisfaits, alors que ceux ayant un profil plus social ou aimant l'exploration n'ont pas assez été pris en compte. Cette hypothèse appuie le besoin d'adaptation de la ludification auquel nous répondons dans cette thèse.

À travers ces diverses études, les auteurs intègrent les schémas à reproduire et à éviter pour créer une expérience d'apprentissage ludique réussie. Un problème est souvent mis en avant : l'effet des récompenses sur la motivation intrinsèque. Dix ans avant que la ludification ne se répande sur le web, Deci *et al.* (1999) ont passé en

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

revue 128 études sur l'impact des récompenses sur la motivation. Celles-ci s'accordent largement sur le fait que **les récompenses diminuent fortement la motivation intrinsèque et l'intérêt de l'utilisateur pour la tâche**, qu'elles soient virtuelles ou tangibles. Récemment, Denny *et al.* (2013) et Hamari (2015) ont étudié en détail l'impact des badges sur le comportement des utilisateurs. Les badges constituent une forme de récompense, et pourtant ces expériences basées chacune sur plus d'un millier d'utilisateurs ont montré des résultats significativement positifs sur la participation des étudiants et leur niveau de compétences acquises. La motivation intrinsèque n'a cependant pas été mesurée dans ces études. Afin de rester prudent, la stratégie recommandée est de mettre en place un système de récompense seulement pour les tâches qui risquent d'être ennuyeuses, et pas pour celles qui sont intrinsèquement motivantes ou qui peuvent le devenir grâce à d'autres mécaniques (Kapp 2012).

Les études sur l'impact de la ludification sont de plus en plus nombreuses, et il existe maintenant de plus en plus d'études rigoureuses basées sur des tests statistiques. Cependant, encore aucune étude n'a encore considéré le fait que les fonctionnalités soient adaptées ou non aux profils personnels des utilisateurs.

2.1.4 Éléments de jeu

Dans la littérature, les « éléments de jeu » (*game elements*) désignent ce qui peut être extrait des jeux pour s'appliquer à la ludification (Werbach et Hunter 2012). Pour certains, le terme d'élément de jeu correspond à un ensemble précis (par exemple pour Ferro *et al.* (2013), éléments et mécaniques de jeu sont deux ensembles distincts), mais dans la majorité des cas ce terme désigne largement tout type d'élément issu des jeux (objet, concept, mécanique, etc.), et c'est ainsi que nous l'utilisons. Dans cette partie nous étudions les différents types d'éléments de jeu qui composent la ludification. Cette « dissection » de la ludification permet de repérer à quel niveau peut être réalisée l'adaptation.

2.1.4.1 Approches sémantiques des éléments

Il est fréquent que les auteurs présentent des éléments de jeu sans les définir ni spécifier à quelle catégorie ils appartiennent. Par exemple Klock *et al.* (2015) ont étudié 10 environnements d'apprentissage en ligne et ont dressé une liste de 13 éléments de jeu repérés sur ces sites : Narration, Règles, Challenges, Intégration, Renforcement/Feedback, Boucle d'engagement, Accomplissements, Points, Niveaux, Classements, Badges, Personnalisation et Biens virtuels. Une telle liste n'est pas simple à manipuler sans catégorisation des éléments, car certains peuvent en contenir d'autres. Par exemple les *challenges* et les *badges* mènent toujours à un *accomplissement*, et les systèmes pour gagner des *points* ou passer des *niveaux* sont nécessairement basés sur des *règles*.

Il y a eu plusieurs tentatives de classifications des éléments de jeux. Sailer (2013) a identifié à quelles théories motivationnelles les éléments se rapportent. Il a pris en compte d'une part un ensemble de 9 éléments de jeu courants (points, quêtes,

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

avatars, etc.) et, d'autre part, un ensemble de 6 « perspectives motivationnelles » auxquelles la ludification peut être associée (*cognitive perspective*, *Self-Determination perspective*, etc.*)*. Ils créent ainsi des catégories d'éléments qui se chevauchent. Par exemple les badges sont associés à la *cognitive perspective* car ils présentent un objectif clair à l'utilisateur, mais ils sont aussi associés à la *Self-Determination Perspective* car un badge acquis renforce le sentiment de compétence de l'utilisateur, et la compétence est l'un des composants de la *Self-Determination Theory*. Exton et Murray (2014) ont suivi la même logique en classant 16 éléments de jeu selon leurs relations avec les trois composants de la *Self-Determination Theory* : compétence, autonomie, relations. Ces classifications permettent de décrypter comment chaque élément motive l'utilisateur.

Robinson et Belloti (2013) ont créé une taxonomie des éléments de jeu en six catégories. Cependant ces catégories se situent sur des dimensions très différentes. Selon eux, un élément ludique peut être aussi bien une règle du jeu, une fonctionnalité sociale, ou même une ressource. Ils proposent aussi les incitations intrinsèques et les incitations extrinsèques comme deux catégories distinctes des autres, alors que chaque élément de jeu doit être porteur d'une mécanique de motivation (intrinsèque ou extrinsèque). C'est donc une classification difficile à utiliser en pratique.

La classification de Fullerton (2008) est issue des jeux en général et non de la ludification, mais elle est plus aboutie. L'auteur propose deux méta-catégories d'éléments. La première est appelée **éléments formels**. Elle contient des catégories d'éléments qui vont structurer le *gameplay*, comme les objectifs, les règles, les ressources et les frontières du jeu. Au-dessus des éléments formels se trouvent les **éléments dramatiques** dont le rôle est de faire du jeu une expérience émotionnelle. Il s'agit par exemple des challenges, des joueurs et de l'histoire. Fullerton représente ainsi la dualité du jeu : il est à la fois un objet interactif et un média porteur d'une histoire.

Les différentes classifications listées précédemment sont basées sur l'étude des effets qu'ont les éléments de jeu sur le joueur. Les classifications résultantes de cette stratégie comportent d'importants défauts. Les catégories proposées sont souvent floues, et certaines catégories sont inclues dans d'autres sans pour autant avoir été identifiées comme sous-catégories. Pour ces raisons, nous ne pouvons pas utiliser ces classifications dans un cadre formel. Pour adapter les éléments ludiques nous avons besoin de classifications plus rigoureuses établissant des catégories distinctes. Dans la section suivante nous étudions les classifications d'éléments décrivant la structure de la ludification, au plus proche de son implémentation.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

2.1.4.2 Classifications structurelles des éléments

Classifications structurelles existantes

La classification d'éléments de jeu de Deterding *et al.* (2011a) prend en compte un très large panel de types d'éléments, en les présentant du plus concret au plus abstrait :

- Éléments d'interface de jeu (ex. badges, tableaux de scores)
- Mécanique de jeu (ex. compétition, contraintes)
- Principes de conception (ex. buts clairs, styles de jeu divers)
- Modèles de jeu (ex. challenge, curiosité)
- Méthodes de conception (ex. *playtesting, playcentric design*)

Dans cette classification les niveaux plus concrets correspondent aux éléments avec lesquels le joueur interagit, et les plus abstraits correspondent à l'attitude adoptée par les concepteurs du système.

Le *framework* de Hunicke *et al.* (2004) propose une décomposition en trois niveaux d'éléments : *Mechanics*, *Dynamics*, *Aesthetics* (MDA). Ce *framework* a été conçu pour décrire les éléments dans les jeux, mais depuis que Zicherman et Cunningham (2011) ont proposé de l'appliquer à la ludification, il est très utilisé dans ce contexte. Les éléments du *framework* MDA sont placés sur un axe qui va du concepteur vers le joueur, comme montré sur la figure 4.

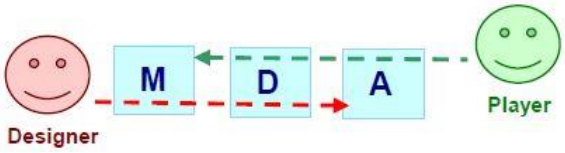


Figure 4 Les éléments du framework MDA, dans (Hunicke *et al.*, 2004)

La **Mécanique de jeu** désigne un élément précis dans un jeu au niveau de sa représentation et des algorithmes associés (ex. les règles du jeu). La **Dynamique de jeu** décrit le phénomène émergeant de la mécanique lorsque celle-ci est utilisée par le joueur (ex. limite de temps, personnalisation). Enfin l'**Esthétique de jeu** décrit la réponse émotionnelle produite chez le joueur lors de cet usage (ex. challenge, découverte). Ce terme d'*Aesthetics* est très spécifique au jeu vidéo selon Robson *et al.* (2015). C'est pourquoi ils proposent de le remplacer par le terme **émotions**, créant ainsi le *framework* MDE. Celui-ci reste cependant très proche de MDA.

D'autres se sont inspirés du *framework* MDA pour construire une proposition plus spécifique à la ludification. Werbach et Hunter (2012) représentent ainsi leur *framework* sous la forme d'une pyramide (figure 5) dont la base est constituée par les éléments plus proches du jeu, et le sommet est constitué des éléments plus proches des émotions des joueurs.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

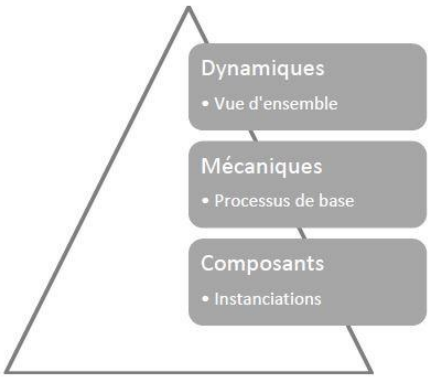


Figure 5 Le framework DMC représenté par Marache-Francisco (2014)

Pour les Werbach et Hunter, les **Dynamiques** se placent au niveau le plus abstrait. Ils prennent comme exemple la narration et les relations sociales. Les **Mécaniques** sont des processus qui génèrent l'engagement. Ils citent comme exemple 10 mécaniques principales, dont le hasard et la compétition. Enfin les **Composants** décrivent la mise en œuvre des mécaniques. Ils citent comme exemple 15 composants principaux, dont les badges et les avatars. D'après leur définition, ce concept correspond aux mécaniques telles qu'elles sont décrites dans le *framework* MDA. Cependant les exemples cités correspondent plus généralement à des types de composants.

La mécanique de jeu est un élément central des systèmes ludiques. Le terme de mécanique est présent dans tous les *frameworks* présentés précédemment, et les méthodes de conception sont souvent basées sur des ensembles de mécaniques (voir section 2.1.5). Pourtant, les interprétations de ce terme sont très variées. Avant que la ludification ne devienne populaire, Sicart (2008) avait déjà relevé pas moins de 5 définitions différentes de ce qu'est une mécanique de jeu. De manière générale nous constatons à travers ces différents *frameworks* que les façons de voir sont nombreuses. Cette situation n'est pas étonnante compte tenu de la difficulté à construire un cadre commun en se basant sur une terminologie largement polysémique. Par exemple, le terme de *challenge* désigne tantôt le sentiment d'un joueur qui se sent challengé (dans Hunicke *et al.*, 2004), tantôt la notion de difficulté qui « challenge » l'utilisateur (dans Deterding *et al.*, 2011a), tantôt une tâche spécifique que le joueur peut choisir d'accomplir (dans Domínguez *et al.*, 2013).

Positionnement terminologique

Dans cette thèse, nous nous baserons sur le vocabulaire spécifique à la ludification du *framework* DMC pour définir le composant et la dynamique de jeu. Le **composant** est donc l'instanciation des dynamiques dans l'interface utilisateur, tandis que la **dynamique** décrit le phénomène émergeant du composant lorsque celui-ci est utilisé par le joueur.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Le cas de la **mécanique** est différent de par l'usage fréquent de ce terme. S'il existe plusieurs définitions précises du terme de mécanique de jeu (Hunicke *et al.*, 2004, Deterding *et al.*, 2011c, Werbach et Hunter, 2012), au contraire l'usage du terme de mécanique dans le domaine des jeux et de la ludification est plus large, incluant plusieurs concepts différents dans chacun des *framework* présentés précédemment.

Nous pensons que les termes largement usités doivent être définis suivant l'usage qui en est fait. Cette démarche est d'ailleurs largement adoptée de façon implicite. Par exemple, Zichermann et Cunningham (2011) et Hamza *et al.* (2015) citent le *framework* de Hunicke *et al.* (MDA), mais par la suite lorsqu'ils parlent de mécaniques ils ne lui donnent pas le sens très concret tel que présenté dans le *framework* MDA. Il est en effet difficile de donner un sens précis à un terme quand celui-ci a pris un sens différent de par son usage, malgré l'existence d'une définition formelle.

Dans cette thèse nous utiliserons donc le terme de **mécanique de jeu** tel que défini par l'usage dominant qui en est fait : un *élément de jeu plus abstrait que l'implémentation du jeu et plus concret que les émotions suscitées par le jeu*. Plus loin, nous proposons une représentation visuelle de ces types d'éléments les uns par rapport aux autres sur la figure 11.

2.1.5 Processus de ludification

Concevoir un bon système de ludification n'est pas trivial (Domínguez *et al.*, 2013). Il existe deux types de ressources sur lesquelles s'appuyer quand on souhaite faire de la ludification. Certains proposent des listes d'exemples de fonctionnalités et de mécaniques de jeu, d'autres se placent à un niveau plus abstrait et proposent un processus complet de gamification en plusieurs étapes. Nous appellerons les utilisateurs de ces ressources les **concepteurs** afin de bien les distinguer des **utilisateurs** des systèmes qu'ils réalisent.

2.1.5.1 Recueils de mécaniques de jeu

La ludification pouvant s'appliquer à des contextes très divers et au-delà du jeu, les concepteurs des applications cibles sont généralement des personnes qui ne sont pas familières à la conception de jeux et de la ludification (Ferro *et al.*, 2014). C'est pourquoi il est important de fournir de nombreux exemples que les concepteurs pourront s'approprier.

La plus grande liste de mécaniques est certainement celle du *Deck of Lenses* de Schell (2008) dont le jeu de cartes ne contient pas moins de 100 éléments, qui incluent autant des composants que des dynamiques de jeu, voire des méthodes de conception. En réalité, cet ouvrage va au-delà du simple guide de conception, et propose presque au concepteur de développer une expertise en conception de jeux. Notons tout de même que si les cartes de Schell peuvent être utilisées pour la ludification, elles ont été créées dans le but de guider la conception de jeux avant tout. La liste de mécaniques publiée par l'ancienne plateforme de jeux sociaux mobiles SCVNGR (Schonfield, 2010) et celle présente sur le *Gamification Wiki* de la société Badgeville

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

(2011) sont également longues. Elles comportent respectivement 47 et 24 éléments et sont plus spécifiques à la ludification. Malheureusement, dans le but d'inclure un grand nombre d'éléments, beaucoup de ceux proposés ne sont pas pertinents, et certains ne peuvent même pas être considérés comme des mécaniques de jeu.

Certaines ressources plus récentes proposent des approches plus adaptées à la ludification. La liste de 35 mécaniques de Manrique (2013) contient des éléments qui peuvent presque tous être considérés comme des mécaniques de jeu. Elle est plus structurée que les précédentes car elle se décompose en six catégories triées selon le niveau de compétences de l'utilisateur.

Le jeu de cartes A*ddingPlay* de la société PlayGen (2012) se décompose en quatre catégories. La première, « *motivator* », permet de prendre un peu de recul sur ce qui motive les joueurs. Les autres cartes présentent des mécaniques de jeu selon trois approches : réussite, jeu et social. Les différentes catégories de cartes de *AddingPlay* sont représentées sur la figure 6.

Figure 6 Les 4 catégories des cartes du jeu AddingPlay (PlayGen, 2012)

Donner aux concepteurs des exemples de fonctionnalités ludiques est insuffisant, car l'application stricte de mécaniques de jeu ne conduit généralement pas au succès sans la prise en compte méticuleuse du contexte et des attentes des joueurs (cf. section 2.1.6.2).

2.1.5.2 Processus global de ludification

Plusieurs méthodes de ludification adoptent une démarche plus globale, de l'identification du besoin à la réalisation.

L'une des premières contributions en termes de processus de ludification est sans doute la méthode présentée dans le livre *For The Win* de Werbach et Hunter (2012). Ils proposent un processus en six étapes :

1. Définir les objectifs du projet (*define business objectives*)
2. Définir les comportements ciblés (*delineate target behaviors*)
3. Décrire les joueurs (*describe your players*)
4. Élaborer les cycles d'activité (*devise activity loops*)
5. Ne pas oublier l'amusement (*don't forget the fun*)
6. Déployer les outils appropriés (*deploy the appropriate tools*)

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Un autre livre fait référence dans le domaine, celui de Kumar et Herger (2013). Ils proposent un processus en 5 étapes dont l'ordre est adaptable et itératif :

1. Connaissez votre joueur (*know your player*)
2. Identifiez la mission (*identify the mission*)
3. Comprenez la motivation humaine (*understand human motivation*)
4. Appliquez les mécaniques (*apply mechanics*)
5. Gérez, surveillez et mesurez (*manage monitor and measure*)

Dans le même esprit que les méthodes précédentes, Muletier *et al.*, (2014) a créé une méthode appelée G.A.M.E basée sur les étapes suivantes :

1. *Goals* : planifier les buts du business et des joueurs
2. *Actions* : créer une expérience ludique adaptée aux objectifs business
3. *Merit* : créer un système de récompenses

Enfin la lettre E correspond à un travail d'*Evaluation* qui doit être réalisé à la fin de chacune des trois étapes. Curieusement, un autre processus de ludification a lui aussi été appelé G.A.M.E (Brito *et al.*, 2015). Il a été conçu pour les activités de crowdsourcing mais il est facilement généralisable. Son fonctionnement est proche du précédent mais les lettres sont associées à d'autres termes :

1. *Gathering* : assembler des données permettant de comprendre le scénario
2. *Analysis* : Analyser les données collectées pour identifier le problème et choisir une direction
3. *Modeling* : Modéliser l'expérience ludique sur le logiciel collaboratif
4. *Execution* : Exécuter l'implémentation et tester le logiciel.

En réalité, la plupart des méthodes de ludification créées pour des usages spécifiques peuvent être généralisées sans difficultés. C'est aussi le cas du *Gamification Design Framework* proposé dans la thèse de Fitz-Walter (2015). Ce processus initialement créé pour la ludification d'applications mobiles se déroule en trois grandes phases :

1. *Justify* : Aligner le comportement ciblé avec le problème posé
2. *Design* : Concevoir l'expérience ludique
3. *Evaluate* : Evaluer l'expérience ludique

Un aperçu de cette méthode est proposé sur la figure 7.

Figure 7 Gamification Design *Framework* de Fitz-Walter (2015)

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Ces méthodes présentent des étapes importantes pour la conception de systèmes ludiques, mais des concepteurs débutants manquent d'exemples concrets pour les mettre en œuvre.

2.1.5.3 Associer recueil de mécaniques et processus global

Des concepteurs de systèmes ludiques non-experts en ludification ont besoin d'être guidés de la prise en compte du contexte à l'évaluation de leur système, en passant par l'application de mécaniques de jeux. Pour cela, certaines contributions incluent non seulement un processus global de ludification, mais aussi des détails sur la réalisation de chaque étape, en particulier l'application des mécaniques de jeu grâce à des exemples.

Le récent prototype de Ferro *et al.* (2014) propose -comme PlayGen- un jeu de cartes en quatre catégories, mais celles-ci peuvent être perçues comme des étapes de réalisation. Il s'agit premièrement de bien identifier qui sont les utilisateurs (***User Considerations***). Les cartes du deuxième type sont des éléments de contexte (***Context***) parmi lesquels il faut se situer. La troisième étape amène l'utilisateur à formaliser son choix entre des motivateurs plutôt intrinsèques ou extrinsèques (***Motivation***). La quatrième étape enfin est celle de la conception, réalisée à l'aide de cartes sur les mécaniques de jeu (***Game Elements and Mechaniscs***). Les auteurs ont prévu également une cinquième catégorie de cartes, vierges, afin que les concepteurs puissent ajouter tous les éléments qui leur sembleraient pertinents.

Game On! Gamification Tolkit est un autre outil à base de cartes. Il a été développé par la société *Game On! Lab* (2013) et remporte un certain succès depuis son lancement. Cet outil est basé sur le *Gamification Model Canvas* de Jiménez (2013). Le modèle de base guide le concepteur à travers plusieurs étapes (niveau macro), notamment l'identification des mécaniques, dynamiques, comportements, etc. Le jeu comprend ensuite un grand nombre de cartes comportant des exemples d'éléments (niveau micro) que le concepteur doit choisir et placer dans chacune des cases du modèle.

Pour terminer nous parlerons du processus de ludification en deux étapes proposé par Marache-Francisco et Brangier (2013), celui qui nous semble être le plus complet. La première étape est l'analyse du contexte. Elle englobe plusieurs des étapes proposées dans les travaux présentés précédemment, car il s'agit d'identifier la situation, la tâche, mais aussi de comprendre les utilisateurs. La seconde étape est la conception itérative du système de ludification. Les auteurs proposent une boîte à outils complète pour guider les concepteurs à travers ces étapes.

Le premier outil est un ensemble de **principes de jeu** que les concepteurs doivent avoir en tête tout au long du processus (A). Le deuxième est une liste de **questions** qui guident l'utilisateur dans l'analyse du contexte (B). Le troisième outil adresse le niveau des **mécaniques de jeu**, car il s'agit d'une liste de 44 éléments de jeu (C) triés selon trois catégories : attraction, aide à la tâche, et motivation. C'est le

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

quatrième outil proposé par les auteurs qui rend leur processus particulièrement complet. Il s'agit d'un ensemble de cinq **arbres de décision** (D) guidant le concepteur dans le choix des éléments ludiques en fonction des contraintes du contexte. La majorité des auteurs précédents mettent en avant l'analyse du contexte (objectifs, population ciblée, etc.), mais cet article est l'un des premiers à synthétiser la manière dont les éléments de contexte peuvent influencer le choix des mécaniques de jeu. L'un de ces arbres de décision est représenté sur la figure 8. Son rôle est d'aider le concepteur à sélectionner les éléments sociaux.

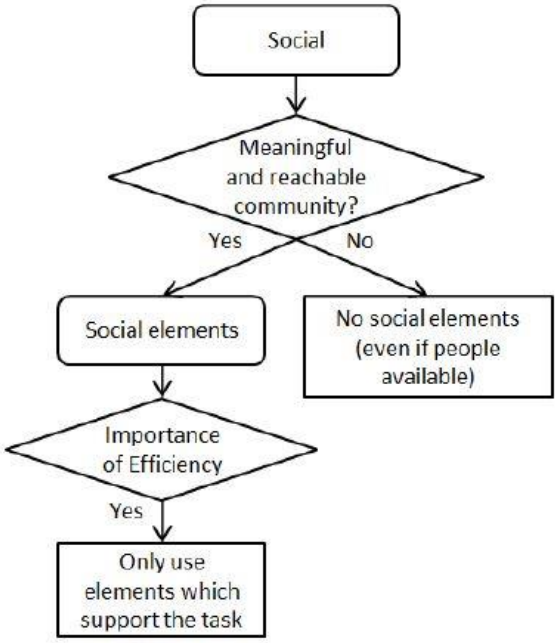


Figure 8 Arbre de décision « *social elements* » de Marache-Francisco et Brangier (2013)

Les outils de création d'expériences ludiques étaient encore très peu nombreux au début des années 2010 (Ferro *et al.*, 2014), la conception de telles expériences reposait essentiellement sur des *game designers* expérimentés. De nos jours la qualité et le nombre d'outils adaptés aux concepteurs débutants grandissent rapidement. L'un d'entre eux appelé *Game Designer's Toolkit* a justement été financé sur la plateforme de financement participatif *Kickstarter* en décembre 2014, ce qui démontre que l'activité des auteurs dans ce domaine correspond à une réelle attente de la part des concepteurs.

Notre proposition de ludification adaptative s'accompagne également d'un guide pratique de conception (cf. partie 3.3). Il se positionne comme les dernières approches présentées à la fois sur le plan macro, avec un processus complet de ludification, et sur le plan micro, avec des exemples concrets de mécaniques de jeu à appliquer. L'élément nouveau que nous apportons par rapport aux processus existants est la prise en compte guidée des types de joueurs. Pour créer des éléments adaptables

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

aux différents profils de joueurs, nous proposons un outil guidant la sélection des mécaniques de jeu d'après le type de joueur ciblé.

2.1.6 Éthique et dérives

L'emballement des évolutions technologies des dernières décennies a mené à de grands changements économiques et sociaux dont les questions éthiques se sont posées parfois après. Nous considérons que les questions éthiques doivent être abordées dès le préambule de ces travaux, et non *a posteriori*. Dans cette partie nous étudions une liste de mises en garde concernant les pièges à éviter et questions éthiques liées à la ludification, et nous en tirerons des conclusions liées à l'usage de la ludification dans cette thèse.

2.1.6.1 Les abus : travail gratuit et biens virtuels payants

La ludification a démontré un pouvoir important pour influencer les comportements (Hamari *et al.,* 2014). L'une des dérives possibles de ce pouvoir est d'amener les utilisateurs à fournir gratuitement un travail pour lequel il aurait été plus normal de les rémunérer. Bogost (2011) utilise alors le terme d'***exploitationware*** pour dénoncer ces systèmes. On parle également de ***playbor*** quand les utilisateurs gagnent une récompense virtuelle ou symbolique par rapport à l'ampleur du travail fourni, en particulier quand ce travail permet d'enrichir l'entreprise concernée. On peut trouver des exemples de *playbor* notamment dans certaines applications de *crowdsourcing* (production participative), avec les jeux concours pour lesquels les participants fournissent un travail conséquent face à de faibles chances de gagner, ou avec la modification de jeux vidéo par les joueurs eux-mêmes (*modding*) (Kücklich, 2005, Monterrat *et al.*, 2012). Parfois la ludification peut également aider à « surveiller » l'utilisateur en l'incitant à fournir des données personnelles (O'Donnell, 2014).

Une autre dérive possible du pouvoir de la ludification est de **pousser le joueur à dépenser son argent pour progresser ou acquérir des biens virtuels dans une application**, et ce grâce à des mécaniques addictives. Cette dérive est représentée dans la série satyrique *South Park* (épisode 6 de la saison 18). Dans cet épisode, le diable a créé un jeu dont le *gameplay* n'est basé que sur des mécaniques de ludification comme la collection de points et d'objets virtuels. Le jeu est gratuit mais incite fortement les utilisateurs à acheter des bonus. Son concepteur met en œuvre une version caricaturée à l'extrême des principes de la ludification : « *(1) attirer l'utilisateur avec une simple boucle ludique, (2) utiliser beaucoup de félicitations et compliments pour que les joueurs se sentent bien, (3) entraîner les joueurs à dépenser leur argent virtuel, (4) donner aux joueurs la possibilité de dépenser leur argent réel pour du virtuel, et (5) créer un jeu dans lequel il faut souvent patienter, mais où on peut payer pour ne pas attendre* » (South Park, 2014). De plus, le jeu est volontairement ennuyeux pour créer une frustration, celle-ci étant la raison pour laquelle les joueurs voudront le rendre meilleur en dépensant de l'argent.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Au-delà de la fiction, certains jeux et applications gratuits collectent en effet de grandes sommes d'argent grâce à ces mécaniques suscitant la frustration et l'addiction. Si les payeurs sont peu nombreux, près de 4% d'entre eux dépensent plus de 100€ dans des jeux qu'ils avaient choisis pour leur gratuité (Viuz, 2013). Pour Dressen (2015), ce type de mécanique addictive inspirée du fonctionnement des machines de casinos pourrait servir à l'apprentissage. Selon elle, la ludification permet de donner l'illusion de contrôle. Or nous pensons qu'une bonne mécanique pour l'apprentissage ne doit pas donner à l'utilisateur une illusion de contrôle, mais doit lui donner réellement le contrôle de son apprentissage.

Concernant les mises en gardes sur les manipulations et l'exploitation des utilisateurs et salariés, notre position est celle de McGonigal et Kumar (Kumar, 2015) : « *If we use the power of games to give people an opportunity to do something that they want to do, we are doing good. If we use the power of games to get people to do something they do not want to do, we are doing evil.* »

2.1.6.2 Les erreurs : expérience pauvre et réactions inattendues

Dans la majorité des cas, la création d'une expérience utilisateur ennuyeuse et frustrante est heureusement involontaire. C'est tout de même un risque fréquent lors de l'application de mécaniques de jeu. Dans leur critique de la ludification, Bonenfant et Genvo (2014) expliquent :

> *« L'adjonction d'un système de points ou de récompenses ne peut suffire à faire d'une situation un jeu, qui plus est un jeu intéressant. Deterding (2011b) réfute à ce titre que le thème du jeu n'aurait aucune incidence dans son attrait. Le jeu en ligne Progress Wars (Stjrning, 2010) peut être vu comme une caricature de la gamification pour démontrer par l'absurde l'ennui généré par une application stricte de ses principes : au sein d'une page web austère, il suffit à l'internaute de cliquer sur un bouton pour faire progresser une barre d'accumulation de points. Au bout de quelques clics, le joueur passe un niveau et obtient un niveau supplémentaire. »*

Afin d'éviter de créer des mécaniques vides de sens pour l'utilisateur, nous veillerons à bien lier les mécaniques de jeu à l'activité d'apprentissage (Szilas *at al.*, 2009).

L'implantation de mécaniques de jeu dans un contexte donné peut avoir plusieurs conséquences inattendues, comme la diminution de la motivation intrinsèque dont nous avons parlé dans la section 2.1.3.2. Les utilisateurs cherchant à obtenir des récompenses peuvent aussi avoir des comportements imprévus. Callan *et al.* (2015) présentent une liste de 10 scénarios dans lesquels la ludification ne produit pas les effets escomptés. Ils indiquent également comment rétablir la situation dans chacun de ces scénarios. Cependant, malgré les connaissances et l'expérience des concepteurs du système de ludification, des conséquences inattendues peuvent toujours survenir. C'est pourquoi l'approche la plus sûre est la conception itérative suivant laquelle l'évaluation des effets de la ludification est réalisée à chaque itération.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

2.2 Adaptation, des jeux à la ludification

Dans cette section, nous étudions les techniques et outils existant pour l'adaptation d'éléments ludiques au joueur.

Il existe encore très peu de propositions concrètes de système de ludification qui adaptent les mécaniques de jeu aux préférences des utilisateurs. Challco *et al.* (2014, 2015) proposent de baser le choix des mécaniques de jeu sur une ontologie appliquée particulièrement aux environnements d'apprentissage collaboratifs. Cette ontologie représente le type de joueur dominant de l'apprenant appelé « rôle » et les mécaniques de jeu correspondantes à appliquer au scénario d'apprentissage. Cependant les auteurs n'indiquent pas comment différentes mécaniques de jeu peuvent être appliquées à des utilisateurs qui collaborent ensemble. De plus cette stratégie de personnalisation n'est pas encore étayée expérimentalement. Xu et Tang (2015) proposent d'adapter la ludification à la personnalité de l'utilisateur en s'inspirant des systèmes de recommandation. Leur objectif est d'utiliser la ludification adaptative pour encourager des comportements réduisant les émissions de CO2. Cependant leur projet semble n'en être qu'à ses débuts et aucune implantation concrète n'est présentée.

La ludification étant encore rarement adaptative, nous étudions plus largement les outils et méthodes d'adaptation dans les jeux afin de nous en inspirer.

2.2.1 Modèle de joueur

Le modèle de joueur contient les informations relatives au joueur. C'est à partir de ces informations que peut être réalisée l'adaptation.

2.2.1.1 L'utilisateur : apprenant et joueur

L'utilisateur d'un environnement d'apprentissage ludifié peut être considéré à la fois comme un *apprenant* (réalisant des activités pédagogiques) et comme un *joueur* (interagissant avec des fonctionnalités ludiques). Dans cette thèse nous présentons un système de ludification qui prend uniquement en compte les caractéristiques de l'utilisateur en tant que joueur. Nous considérons que ses caractéristiques en tant qu'apprenant doivent être prises en compte par l'environnement d'apprentissage.

D'après Brusilovsky et Millán (2007), dans les hypermédias éducatifs adaptatifs, le modèle d'utilisateur est principalement constitué de six sous-modèles : les buts de l'utilisateur, ses connaissances, ses centres d'intérêt, son expérience, ses caractéristiques personnelles, et son contexte d'usage. Si les buts et les connaissances de l'utilisateur sont propres à son modèle d'apprenant les autres aspects jouent tous un rôle sur ses préférences en tant que joueur.

Tuunanen et Hamari (2012) distinguent plusieurs types de critères pour segmenter une population : les critères **géographiques** (pays, ville, etc.), **démographiques** (âge, sexe, éducation, etc.), **psychographiques** (attitudes, intérêt, etc.) et

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

comportementaux. Il existe en effet des liens entre les données démographiques d'une personne et ses préférences dans les jeux. Charlier *et al.* (2012) ont étudié l'impact de l'âge du joueur. Ils ont notamment montré que les joueurs plus âgés préfèrent ne pas avoir de contrainte de temps. Par ailleurs, Eglesz *et al.* (2005) ont travaillé sur l'influence du genre. Ils ont montré que les femmes seront plus généralement intéressées par les jeux de rôle, là où les hommes préfèrent les jeux d'action, d'aventure et de sport (pour plus de détails sur les liens entre les informations démographiques et la perception de la ludification, voir l'étude de Koivisto et Hamari (2014)).

Bien que les informations démographiques permettent d'améliorer les profils de joueurs à l'échelle globale, elles ne fonctionnent pas nécessairement à l'échelle de chaque individu. De plus, l'utilisation de ces informations est souvent mal acceptée par le joueur. L'adaptation à partir d'informations démographiques est d'ailleurs appelée « modélisation de stéréotypes » (*stereotype modeling)* par Brusilovsky et Millán (2007). Par conséquent nous utiliserons plutôt une segmentation basée sur des informations psychographiques et comportementales, dont nous faisons l'état de l'art dans la section suivante.

2.2.1.2 Typologies de joueur

Il existe plusieurs typologies de joueurs sur lesquels l'adaptation de la ludification peut s'appuyer. Ces modèles proposent des types de joueurs qui rappellent les motivations intrinsèques aux joueurs et aux jeux (cf. section 2.1.2), cependant ils sont basés sur une théorie différente. L'étude des différentes façons de jouer, des types de jeu de Caillois (1961) aux ressorts de jeu de Mariais (2012), cherchent à décrire ce qui motive les joueurs dans leur ensemble, alors que la théorie des types de joueurs vise à différencier les joueurs les uns des autres. Dans cette section nous passons en revue diverses classifications de joueurs de manière non exhaustive. Nous présentons dans un premier temps les classifications de joueurs spécifiques à certains contextes, et dans un second temps des classifications valables dans des contextes plus larges.

Classifications spécifiques au contexte (1996 à 2011)

Bartle (1996) est généralement cité comme étant à l'origine de la théorie des types de joueurs. Sa classification est encore l'une des plus utilisées actuellement. La classification de Bartle a été établie à partir d'une étude des MUDs (Multi User Dungeons) : des jeux d'aventure textuels, mais elle s'applique plus généralement aux (*Massively Multiplayer Online games*). Le joueur y est positionné dans un espace à deux dimensions : *interaction/action* et *joueurs/environnement* (cf. figure 9).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

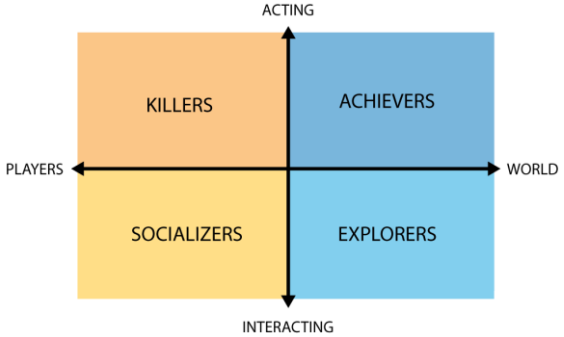


Figure 9 Représentation des quatre types de joueurs de Bartle (1996)

Lorsque le joueur est centré sur ses propres actions, il est appelé *killer* s'il préfère agir sur les autres joueurs et *achiever* s'il préfère agir sur l'environnement. Lorsque le joueur est plus intéressé par les interactions, il est appelé *socializer* s'il préfère interagir avec les autres joueurs et *explorer* s'il préfère interagir avec l'environnement. La principale limite de cette classification est qu'elle s'applique particulièrement aux MMO. De nombreux travaux plus récents proposent une nouvelle vue sur les types de joueurs, mais un grand nombre d'entre eux sont basés sur les types de Bartle. Par exemple Marczewski (2013) a ajouté au modèle de Bartle une troisième dimension selon laquelle les joueurs seraient plus réceptifs aux motivateurs intrinsèques ou extrinsèques. Playnomics (Kotaku, 2012) a fait de même en se basant sur deux dimensions similaires à celles de Bartle (*social/solus* au lieu de *player/environnement*, et *reactive/proactive* au lieu de *interaction/action*). Selon la troisième dimension, le joueur est considéré comme plutôt *intuitif* ou plutôt *diligent*, créant ainsi une autre classification à 8 types de joueurs. Bartle (2004) a également étendu lui-même sa classification avec une nouvelle dimension, séparant la démarche explicite d'un côté et la démarche implicite de l'autre. Par exemple, l'*achiever* devient un *planner* s'il agit de façon explicite, et un *opportunist* s'il agit de façon implicite.

La classification de Yee (2006) vise à remplacer celle de Bartle en s'appuyant sur une méthode empirique de repérage des types de joueurs. Grâce à un questionnaire de préférences, Yee a identifié 10 composants de motivation pour les joueurs regroupés en 3 catégories : accomplissement, socialisation et immersion. La nouveauté avec la classification de Yee est que le joueur n'est pas restreint à un composant de motivation, mais peut appartenir à plusieurs à la fois. Chaque composant est donc considéré comme une dimension à part entière.

Les classifications issues des MMO sont de plus en plus utilisées dans les jeux. On peut notamment citer le cas du jeu *WildStar* dans lequel le joueur qui crée son personnage doit lui choisir une « vocation » (ex. soldat, explorateur). Celle-ci permet au joueur d'obtenir de nouveaux sorts et butins rares lorsqu'il accomplit certains types d'actions. Ce choix oriente alors son style de jeu. Cependant **les MMO sont un contexte très immersif différent de la ludification**. Bartle lui-même affirme que sa classification est parfois abusivement utilisée dans d'autres contextes et qu'elle

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

ne convient probablement pas à la ludification (Bartle, 2012). Les classifications précédentes ne sont donc pas pertinentes pour la ludification.

Kallio *et al.* (2011) rejettent les classifications traditionnelles, leur but étant de façonner une heuristique de type de joueur indépendante des genres de jeux. Ils pensent comme Yee qu'on ne peut pas donner des étiquettes aux joueurs, car la mentalité d'un joueur est déterminée par des paramètres nombreux et complexes. Ils classent les mentalités de joueurs en trois méta-catégories. La première est celle des *committed gamers* : ils jouent fréquemment et pour de longues sessions, ils jouent pour s'amuser, pour se divertir, ou pour s'immerger dans un monde virtuel. La seconde est celle des *casual gamers* qui jouent occasionnellement, ils jouent pour passer le temps, combler les blancs et se relaxer. La troisième est celle des *gaming companions* : jouer avec des enfants, avec des amis, ou pour avoir de la compagnie. Ils ont ainsi listé neuf manières de joueur.

Si cette classification n'est pas spécifique à un type de jeu, en revanche **elle caractérise spécifiquement l'activité de jouer. Elle ne s'applique donc pas à la ludification** qui concerne les contextes non-jeu.

Classifications non-spécifiques au contexte (2011 à 2015)

Plusieurs classifications récentes peuvent plus facilement s'appliquer à des contextes différents du jeu, comme la ludification.

Heeter *et al.* (2011) ont souhaité établir une nouvelle typologie démarquée des classifications de joueurs existantes. Ils se sont concentrés sur la performance et la maîtrise de la tâche qu'ont les individus. D'après les réponses de 432 étudiants à un questionnaire, ils ont identifié quatre manières d'aborder un nouvel objectif chez les étudiants. Il y a ceux qui se focalisent sur la performance (*performance-only players)*, ceux qui se focalisent sur la maîtrise du sujet (*mastery-only players*), ceux qui visent à la fois la maîtrise et la performance (*super-achievers*), et ceux qui sont désintéressés de l'un comme de l'autre (*non-achievers*). Pour Domínguez *et al.* (2013), cette classification rappelle que chacun ne vise pas à réaliser des performances, et qu'un système de ludification centré sur les performances de l'utilisateur ne suffit pas. Cependant cette classification ignore de nombreux types de mécaniques de jeu, par exemple liés à la dimension sociale.

En se basant sur l'état de l'art des classifications précédentes, Ferro *et al.* (2013) ont établi une classification à cinq types de joueurs (*dominant, objectivist, humanist, inquisitive* et *creative*). Leur objectif est de créer une typologie pour personnaliser la ludification. Celle-ci présente alors l'avantage considérable d'être directement associée à des éléments et mécaniques présents dans la ludification. La limite de cette classification est que l'établissement des liens entre mécaniques de jeu et types de joueurs n'est pas expliqué, ni appuyé expérimentalement.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

La typologie BrainHex de Nacke *et al.* (2014) se distingue par l'association de la théorie des types de joueurs et des études neurologiques. La classification BrainHex contient 7 types de joueurs associés aux neurotransmetteurs mis en action chez ces personnes. Les auteurs de BrainHex proposent les types de joueurs suivants :

- le ***Seeker*** aime la découverte et l'exploration, associé à l'endomorphine ;
- le ***Survivor*** aime avoir peur et devoir fuir, associé à l'adrénaline ;
- le ***Daredevil*** aime le risque et réussir de justesse, associé à l'adrénaline ;
- le ***Mastermind*** aime résoudre des énigmes et établir des stratégies, associé à la dopamine ;
- le ***Conqueror*** aime vaincre des adversaires puissants, associé à la noradrénaline ;
- le ***Socializer*** aime interagir avec d'autres joueurs, associé à l'ocytocine ;
- l'***Achiever*** aime compléter des tâches, associé à la dopamine.

La typologie BrainHex nous semble intéressante pour plusieurs raisons. Premièrement, elle n'est pas cantonnée à un type de jeu et semble pouvoir s'appliquer à divers contextes. Notons que BrainHex a été appliquée avec succès à des jeux sérieux persuasifs dans le domaine de la santé (Orji *et al.*, 2013). Deuxièmement, elle est associée à un questionnaire en ligne[1] qui a été utilisé par plus de 60 000 personnes. Celui-ci peut servir à l'identification du profil des utilisateurs dans des conditions expérimentales. Pour ces raisons, nous avons choisi d'utiliser la typologie BrainHex dans l'implantation de notre approche.

La dernière contribution en date dans le domaine est celle de Kahn *et al.* (2015) avec leurs six types de joueurs (*Socializer, Completitionist, Competitors, Escapist, Story-driven, Smarty-pants*). Afin de créer cette typologie, 17 chercheurs ont proposé un ensemble de 104 raisons de jouer. 381 personnes ont ensuite noté une à une ces raisons sur une échelle de 1 à 5 pour dire si elles expriment bien les raisons pour lesquelles elles jouent. Les types de joueurs ont ensuite été extraits par une analyse exploratoire de facteurs. Afin de s'assurer que cette typologie est valide non seulement à travers différents types de jeu mais aussi à travers différentes cultures, ils ont réalisé une première étude de validation sur près de 19 000 joueurs de *League of Legends* en Amérique du Nord et une seconde sur près de 19 000 joueurs de *Chevalier's Romance* en Chine. Cette typologie convient mal à a problématique de l'adaptation pour la raison suivante : elle est construite à partir des raisons de jouer, et celles-ci sont difficiles à adapter à des éléments de ludification. Par exemple, l'*escapist* est une personne qui va dans un jeu pour fuir le monde réel, et cette information n'aide pas à déterminer quels éléments de jeu lui seront adaptés.

2.2.2 Adaptation dans les jeux

La ludification est un concept récent, et très peu de travaux ont cherché à la rendre adaptative. En revanche les techniques d'adaptation dans le domaine des jeux sont relativement nombreuses. Dans cette section nous passons brièvement en revue ce

[1] Questionnaire disponible sur http://survey.ihobo.com/BrainHex/

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

vaste domaine de recherche pour identifier les travaux pertinents pour notre problématique.

2.2.2.1 Techniques d'adaptation

Togelius *et al.* (2007) ont travaillé sur les jeux de course de voiture. Leur but était de rendre les courses plus amusantes en adaptant la forme des circuits. Ils ont alors utilisé un algorithme évolutionnaire appliqué à la forme du circuit, en utilisant une fonction de récompense basée sur le comportement des joueurs. Pedersen *et al.* (2010) ont utilisé l'évolution pour adapter différents paramètres numériques dans des jeux de plateforme, tels que le nombre de fossés à éviter et leur largeur. Ils ont utilisé pour cela un algorithme d'évolution neuronale basé sur des questionnaires à choix multiples. Dans ces deux exemples le jeu s'adapte aux attentes des joueurs. Cependant les mécaniques de jeu restent les mêmes : un circuit de jeu de course, aussi amusant soit-il, ne crée pas par exemple de mécanique sociale dans le jeu.

Marne *et al.* (2013) ont proposé une structure pour adapter le scénario des jeux sérieux. Leur processus d'adaptation s'applique aux jeux qui peuvent être divisés en niveaux. Leur système se base sur les connaissances enseignées dans chacun de ces niveaux et les relations de prérequis entre ces connaissances pour en déterminer l'ordre. Ils prennent également en compte les objectifs pédagogiques de l'apprenant et son état de connaissances, mais pas les caractéristiques de l'apprenant en tant que joueur. Plus largement, Hocine *et al.* (2011) ont passé en revue seize techniques d'adaptation de jeux publiées entre 2002 et 2009, autant dans les jeux sérieux que dans les jeux purement ludiques. **Une large majorité des techniques publiées se concentre sur l'adaptation du niveau de difficulté du jeu** au niveau de compétence de l'utilisateur de diverses manières, en adaptant par exemple le niveau de l'adversaire, la vitesse du jeu, ou son scénario. Les autres techniques proposent des méthodes génériques pour adapter des paramètres de jeu, ou alors vont adapter les aspects pédagogiques du jeu sans prendre en compte les aspects ludiques. **Seule une des seize contributions étudiées semble adapter les mécaniques de jeu** en prenant en compte la personnalité des joueurs : celle de Natkin *et al.* (2007). Nous étudions ces travaux dans la partie suivante ainsi que d'autres approches similaires.

2.2.2.2 Adaptation basée sur des profils de joueurs

Natkin *et al.* (2007) ont choisi de baser leur modèle d'utilisateur sur le modèle de personnalité FFM (*Five Factor Model*) afin de sélectionner pour l'utilisateur des quêtes qui lui conviendront, comme vaincre d'autres joueurs ou résoudre des énigmes. Avec le modèle FFM, un utilisateur est représenté par un vecteur de 5 valeurs indiquant sa position sur chacune des dimensions du modèle (cf. figure 10). Les auteurs proposent alors d'**utiliser un questionnaire de personnalité pour initialiser le modèle**. Pour sélectionner la quête la mieux adaptée au joueur, les concepteurs ont représenté chaque quête par un vecteur construit de la même manière, puis ont utilisé une

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

mesure de distance entre vecteurs pour identifier la quête la plus « proche » de l'utilisateur. Un moteur d'adaptation basé sur ce modèle a été implanté avec succès dans un jeu ubiquitaire basé sur des téléphones mobiles. Cependant, aucun résultat concernant une expérimentation auprès des utilisateurs n'est présenté.

	N	E	O	A	C	Example of classes of quest
SD	0	0	+1	-1	+1	Defeat the opposing players located in a given area
SE	+1	0	+1	-1	+1	Solve the puzzle in a given area
SS	+1	+1	0	0	-1	Find Blue players with the solution to a puzzle and Red players with the solution to an other puzzle and combine solutions as a clue to an other quest
SC	-1	0	+1	0	+1	Collect images from other players and edit a movie

Figure 10 Association entre quêtes et types de personnalité, dans (Natkin *et al.*, 2007)
N = Need for stability, E = Extraversion, O = Originality, A = Accommodation, C = Consolidation. SD = Scheme of Destruction, SE = Scheme of Exploration, SS = Scheme of Social Interaction, SC = Scheme of Creation.

Thue *et al.* (2007) se sont basés sur le modèle de joueur de Laws (2002) pour la construction d'histoires interactives adaptées. Ils ont établi des liens directs entre les types de joueurs et les actions que peuvent faire les joueurs. Leur processus d'adaptation repose sur deux opérations effectuées en parallèle : (1) observer les choix du joueur pour mettre à jour son profil en conséquence et (2) utiliser ce profil pour déterminer quels événements vont créer une histoire qui intéresse le joueur. Ils ont mis en œuvre une expérimentation auprès de 90 joueurs. La moitié a utilisé une version adaptative du jeu tandis que l'autre moitié a utilisé une version fixe. Les résultats, bien que non significatifs, indiquent que ceux qui ont utilisé la version adaptative ont mieux apprécié le jeu.

Pour le démarrage du système de Thue *et al.* (2007), les profils des joueurs sont initialisés avec les valeurs minimales. La mise à jour du profil fonctionne de façon simple : si un joueur réalise une action associée à un type de joueur donné, alors la valeur du profil sur ce type de joueur augmente. Cependant, les liens entre actions et types de joueurs semblent arbitrairement fixées par le concepteur, ainsi que les valeurs d'augmentation du profil.

Göbel *et al.* (2010) ont utilisé une méthode similaire pour adapter le scénario et les scènes d'un jeu sérieux. Ils utilisent d'une part un modèle d'adaptation pédagogique basé sur le modèle de connaissances de l'utilisateur, et d'autre part un modèle d'adaptation ludique basé sur la typologie de Bartle (1996) des apprenants. Pour que l'adaptation fonctionne, les participants remplissent un questionnaire permettant

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

d'établir les valeurs de leur profil. **Les concepteurs initialisent une matrice de valeurs qui représentent l'association entre chaque scène du jeu et les types de joueur du modèle** (chaque ligné étant un vecteur de quatre valeurs correspondant au modèle de Bartle). Le profil et les valeurs d'association sont ensuite utilisés pour déterminer la prochaine scène du jeu la plus pertinente pour l'utilisateur.

Une limite importante dans les travaux de Göbel *et al.* (2010) est que les éléments pédagogiques et les éléments ludiques sont présents dans chaque scène du jeu de manière indissociable. Le concepteur doit donc choisir si les scènes du jeu sont sélectionnées en priorité suivant le modèle d'adaptation pédagogique (pour assurer la cohérence de l'apprentissage) ou suivant le modèle d'adaptation ludique (pour assurer le *fun* et la motivation). Avec la ludification, nous évitons ce problème en adaptant des fonctionnalités ludiques indépendantes des contenus pédagogiques.

Ces travaux issus de l'adaptation dans les jeux (Natkin *et al.*, 2007, Thue *et al.*, 2007, Göbel *et al.*, 2010) présentent peu de résultats expérimentaux. Pourtant ils proposent des systèmes qui changent réellement les mécaniques de jeu, ce que très peu de travaux font encore. Leur approche nous semble prometteuse et adaptable à la ludification. Nous mettons en œuvre une stratégie similaire pour adapter la ludification : (1) initialiser les profils avec un questionnaire, (2) les mettre à jour d'après les actions des joueurs et (3) utiliser ces profils pour sélectionner les fonctionnalités adaptées à chaque utilisateur.

2.2.3 De l'élément ludique vers le type de joueur

La personnalisation des éléments ludiques d'une application passe par une association de ces éléments avec les caractéristiques du modèle de joueur. Plusieurs travaux ont proposé des associations ou méthodes d'association entre des listes d'éléments de jeu et des listes d'éléments caractérisant les joueurs. Dans cette partie nous étudions les travaux existants qui permettent d'établir des liens entre les éléments de jeu et les types de joueur.

2.2.3.1 Du jeu au joueur

Sur la figure 11, nous présentons les différents travaux ayant contribué à établir les liens entre éléments de jeu et caractéristiques de joueur.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

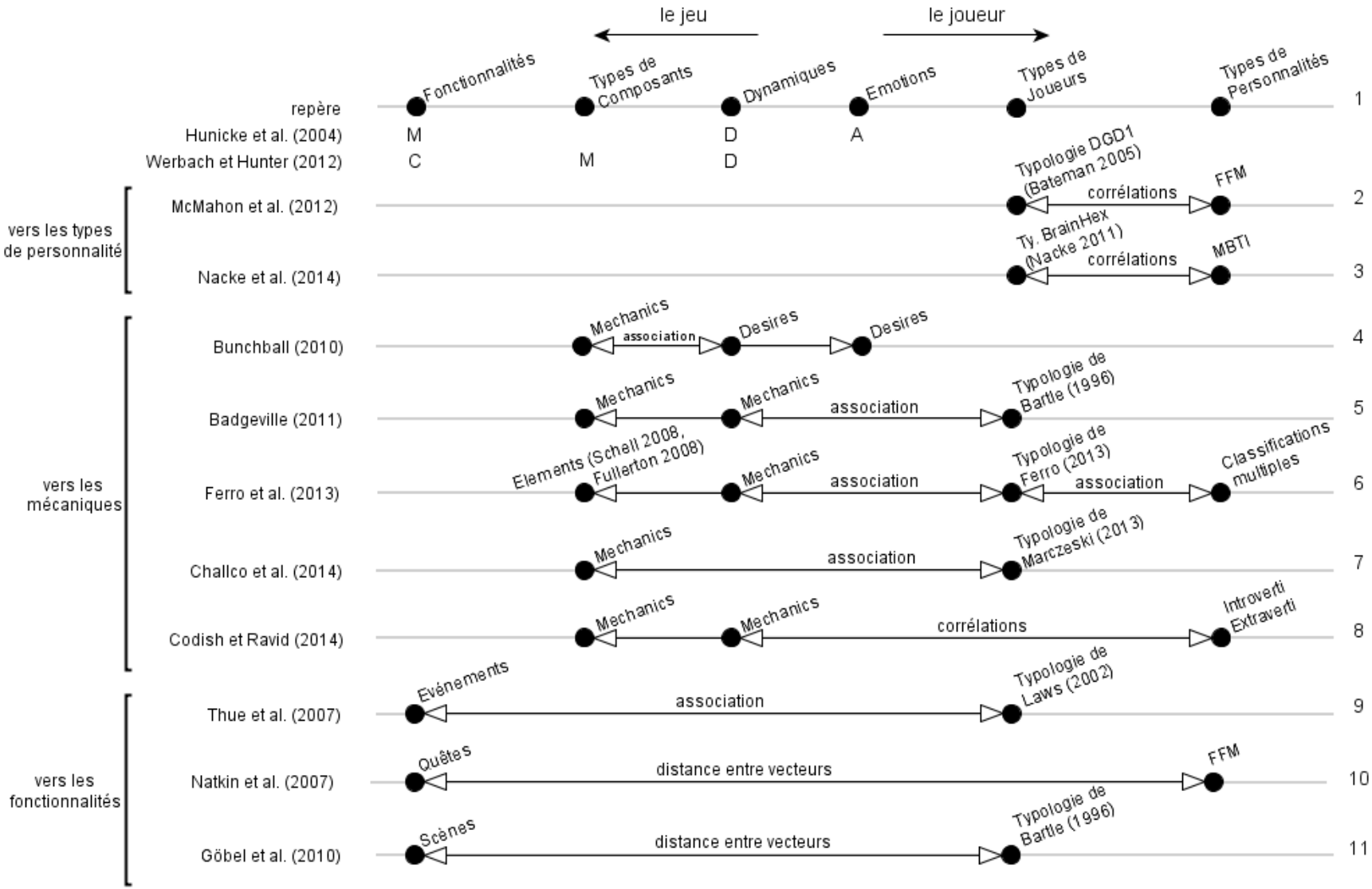


Figure 11 Travaux contribuant à l'établissement de liens entre des éléments de jeu concrets et la personnalité du joueur

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Sur la première ligne nous situons les concepts clés qui servent de point de repère sur l'axe du jeu au joueur, que nous présentons de gauche à droite. L'élément le plus concret est la **fonctionnalité ludique** : une implantation donnée de mécaniques de jeu. Elle correspond au niveau des *Mechanics* du *framework* MDA (Hunicke *et al.*, 2004) et à la définition des composants de Werbach et Hunter (2012). Sur le niveau suivant se trouvent les **types de composants**, qui regroupent les instanciations de mécaniques en catégories. Il s'agit par exemple des badges, avatars, niveaux et points (Werbach et Hunter, 2012). La **dynamique** désigne le phénomène émergeant de la fonctionnalité lorsque celle-ci est utilisée par le joueur, comme le sentiment de progression ou les relations sociales. « Types de composants » et « dynamiques » sont tous-deux fréquemment désignés par le terme de « mécaniques » dans la littérature.

En suivant l'axe vers la droite, nous trouvons ensuite les **émotions** qu'aiment ressentir ces joueurs selon leur profil, et que peut provoquer l'utilisation du jeu. Elles sont nommées *Aesthetics* par Hunicke *et al.* (2004) et *Emotions* par Robson *et al.* (2015). Ensuite se trouvent les **types de joueurs**, qui caractérisent la personnalité des joueurs relativement à leur comportement et préférences dans les jeux (section 2.2.2.2). Enfin, les éléments qui décrivent le mieux les utilisateurs sont les **types de personnalité**. Les classifications de personnalité plus couramment utilisées sont MBTI (*Myers-Briggs Type Indicator*) qui classe les types de personnalité suivant quatre dimensions, et FFM (*Five Factor Model*) basé sur cinq dimensions.

2.3.3.2 Lier le joueur à des types de personnalité

Sur la deuxième et la troisième ligne de la figure 11, nous présentons les travaux qui ont mis en lien des classifications de personnalité avec des profils de joueurs. McMahon *et al.* (2012) ont cherché des corrélations entre les types de joueur de la typologie DGD1 (Bateman et Boon, 2005). Ils ont trouvé des corrélations fortes entre les types de joueurs et personnalités. Cependant on peut s'étonner du choix des auteurs de la classification DGD1, car cette classification n'était pas à l'origine spécifique aux joueurs, mais plutôt une interprétation directe des types MBTI dans un vocabulaire vidéo ludique. Les corrélations découvertes ne sont donc pas surprenantes. Nacke *et al.* (2014) ont cherché les corrélations existantes entre leur classification (BrainHex) (Nacke *et al.*, 2011) et les quatre dimensions de personnalité de la classification MBTI : *extraversion/introversion, feeling/thinking, judgement/perception, intuition/sensing*. S'ils ont obtenu des corrélations pour certains types de joueurs, celles-ci ne sont pas assez marquées pour que les types de joueurs puissent prédire la personnalité, ou l'inverse. Cela explique pourquoi nous choisissons dans cette thèse de construire le profil de joueur à partir d'une typologie de joueur et non de personnalité.

2.3.3.3 Lier le joueur à des mécaniques de jeu

Les travaux suivants (lignes 4 à 8 sur la figure 11) montrent les travaux qui ont établi des liens entre les caractéristiques des joueurs et celles du jeu. Bunchball (2010) a formulé des liens directs entre les mécaniques de jeu et un ensemble de concepts appelés « désirs humains », dont certains correspondent à des dynamiques de jeu et d'autres à des émotions. Ces associations sont représentées sur la figure 12. Sur le Gamification Wiki (Badgeville, 2011) se trouve une liste de mécaniques, chacune

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

d'entre elles étant associée à plusieurs types de joueurs de Bartle (1996). Cependant ces références manquent de sources et il est difficile de savoir sur quelle base ont été établi ces liens.

Game Mechanics	Human Desires					
	Reward	Status	Achievement	Self Expression	Competition	Altruism
Points	●	●	●		●	●
Levels		●	●		●	
Challenges	●	●	●	●	●	●
Virtual Goods	●	●	●	●	●	
Leaderboards		●	●		●	●
Gifting & Charity		●	●		●	●

Figure 12 Associations entre mécaniques de jeu et désirs humains dans (Bunchball, 2010)

Ferro *et al.* (2013) ont construit une typologie de joueurs spécifique à la ludification. Ils ont proposé des associations directes entre les cinq types de leurs classifications et plusieurs listes d'éléments et mécaniques de jeu. Ils ont aussi associé les éléments de plusieurs classifications de personnalité à leurs types de joueurs. Malheureusement là aussi ces liens s'appuient sur leur propre expertise et non pas sur une méthode scientifique. Il en est de même pour Challco *et al.* (2014), qui font un lien entre des mécaniques et les types de joueurs de Marczewski (2013). Par ailleurs, il nous semble injustifié d'associer des éléments de ludification à des types de joueurs issus des MMO, alors qu'il existe maintenant des classifications plus adaptées.

Codish et Ravid (2014) ont cherché à établir des liens entre cinq mécaniques de jeu (badges, points, récompenses, progrès et tableau de score) et la personnalité des joueurs. Leur étude était basée sur la participation de 102 étudiants pendant un semestre et n'a révélé de différence significative que pour une mécanique : les badges. Ceux-ci sont plus appréciés par les extravertis que les introvertis. Cependant dans cette étude, les badges étaient attribués aux élèves devant toute la classe. Ce résultat n'est donc pas généralisable à des badges attribués « secrètement » à l'utilisateur dans un EIAH.

Au-delà des méthodes d'association, une autre limite des travaux présentés ici (lignes 4 à 8 sur la figure 11) est qu'ils formalisent les associations à partir d'ensembles de mécaniques au nombre limité. Or, même si ces listes incluent la majorité des mécaniques qu'on trouve dans les applications ludifiées, cela ne prend pas en compte les mécaniques qui pourraient être créées à l'avenir.

2.3.3.4 Lier le joueur à des fonctionnalités ludiques

Les travaux suivants (lignes 9 à 11 sur la figure 11) sont issus de recherches sur l'adaptation dans les jeux, étudiés dans la section 2.2.2.2. Contrairement aux travaux présentés précédemment, les auteurs ne cherchent pas à associer les joueurs à un type de mécaniques de jeu, mais à une implantation précise de ces mécaniques. Il s'agit

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

d'événements narratifs pour Thue *et al.* (2007), de quêtes pour Natkin *et al.* (2007) et de scènes de jeu pour Göbel *et al.* (2010).

La création de nouveaux éléments de jeu est potentiellement infinie. C'est ce qui a poussé Natkin *et al.* (2007) et Göbel *et al.* (2010) à aller au-delà d'une association *ad-hoc* entre des éléments et des types de joueurs, et à proposer une méthode d'association qui pourra s'appliquer à de futurs éléments créés dans un jeu en particulier ou dans d'autres. Leur méthode consiste à représenter l'élément de jeu par un vecteur (de personnalité pour Natkin *et al.* (2007) et de types de Bartle pour Göbel *et al.* (2010)), puis à faire certains calculs basés sur ces vecteurs pour identifier l'élément le plus adapté au joueur. Dans cette thèse nous mettons en place une approche similaire pour la ludification, en formalisant l'association directement au niveau des fonctionnalités ludiques et non pas au niveau des mécaniques de jeu.

2.3 Conclusion

Nous avons exploré dans ce chapitre l'état de l'art de la ludification en contexte pédagogique et de l'adaptation dans les jeux. Nous avons pris position relativement à un champ lexical qui est encore en train de se construire. Nous avons montré que la ludification peut améliorer efficacement la motivation dans les EIAH, mais qu'elle manque fondamentalement de prise en compte de la diversité des types de joueurs.

Nous avons identifié quatre travaux qui mentionnent explicitement la volonté d'adapter la ludification aux profils individuels des joueurs, mais ils n'apportent généralement qu'une partie des contributions nécessaires pour une réelle adaptation de la ludification. Ferro *et al.* (2013) ne proposent pas de méthode d'adaptation mais une association entre éléments et types de joueurs. Codish et Ravid (2014) ont établi empiriquement des liens entre des éléments de ludification et la personnalité des utilisateurs, mais n'ont pas proposé de réelle méthode pour adapter la ludification. Challco *et al.* (2014, 2015) et Xu et Tang (2015) proposent des méthodes qui n'ont encore été ni implantées ni évaluées.

Si l'adaptation de la ludification n'en est qu'à ses débuts, nous avons vu que les techniques d'adaptation dans les jeux sont nombreuses, et apportent l'essentiel des techniques existantes pour rendre la ludification adaptative, et sont essentielles pour nos contributions présentées en détail dans le chapitre suivant.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

3 Contribution : Modèles pour une ludification adaptative

3.1 Architecture générique pour l'adaptation de fonctionnalités ludiques 54
3.1.1 Des types de joueurs aux Fonctionnalités Épiphytes Ludiques (FEL) 54
3.1.2 Architecture globale d'adaptation 56
3.1.3 Processus d'adaptation cyclique 57
3.1.4 Modèle de joueur 58

3.2 Fonctionnalités Épiphytes Ludiques 58
3.2.1 Définition d'une FEL 58
3.2.1.1 Contraintes existentielles 58
3.2.1.2 Règles de définition 59
3.2.1.3 Exemple et contre-exemples 60
3.2.2 Structure d'une FEL 61
3.2.2.1 Méthode de recherche 61
3.2.2.2 Caractéristiques structurantes d'une FEL 62
3.2.2.3 Propriétés déterminantes d'une FEL 65
3.2.2.4 Exemple d'application du framework 70
3.2.3 Discussion 71
3.2.3.1 Généricité 72
3.2.3.2 Interchangeabilité et expressivité 72
3.2.3.3 Conclusion 74

3.3 Modèle et processus d'adaptation 75
3.3.1 Modèle pour l'adaptation 75
3.3.1.1 De la Q-matrice à la A-matrice 75
3.3.1.2 Exemple d'application de la A-matrice 76
3.3.2 Initialisation du modèle 77
3.3.2.1 Initialiser le profil de joueur 77
3.3.2.2 Initialiser la A-matrice 78
3.3.3 Cycle d'adaptation 78
3.3.3.1 Adaptation d'après le profil de joueur 78
3.3.3.2 Mise à jour dynamique du profil de joueur 80

3.4 Guide de conception 82
3.4.1 Élaboration du guide 83
3.4.2 Usages du guide et règles de définition 83
3.4.3 Outils pour la conception de fonctionnalités ludiques . . . 84
3.4.4 Processus de conception d'une fonctionnalité ludique . . . 88
3.4.5 Discussion 88

3.5 Conclusion 89

Nous présentons dans ce chapitre les différents aspects d'un système d'adaptation de la ludification pouvant s'intégrer dans un environnement d'apprentissage existant. Dans un premier temps nous présentons l'architecture du système de ludification

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

adaptative proposé (partie 3.1). Ensuite nous proposons le concept de Fonctionnalité Épiphyte Ludique et présentons ses caractéristiques pour s'intégrer au système de ludification adaptatif (partie 3.2). Après cela, nous étudions en détail le modèle adaptatif proposé et son fonctionnement (partie 3.3). Enfin, nous proposons un guide de conception de Fonctionnalités Épiphytes Ludiques (partie 3.4) à destination des concepteurs de systèmes de ludification, avant de conclure sur les usages de ces contributions.

3.1 Architecture générique pour l'adaptation de fonctionnalités ludiques

3.1.1 Des types de joueurs aux Fonctionnalités Épiphytes Ludiques (FEL)

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté plusieurs concepts intermédiaires entre les éléments caractérisant les jeux et ceux caractérisant les joueurs (cf. figure 11). Nous identifions ici les concepts à partir desquels nous proposons de réaliser l'adaptation de la ludification.

Du côté de l'utilisateur, certains des travaux présentés ont associé les éléments de jeu à des types de joueurs, tandis que les autres les ont associés à des types de personnalité. Nous choisissons de baser l'adaptation sur les types de joueurs car il est plus facile de les relier à des éléments de jeu, tandis que les types de personnalité ne sont que partiellement corrélés à certains éléments de jeu.

Du côté du jeu, nous avons besoin de différencier en détail les éléments de ludification implantés. La majorité des travaux associant les types de joueurs à des éléments de jeu prend comme référence les mécaniques (types de composants et dynamiques), mais nous considérons ce niveau comme trop abstrait pour l'adaptation. Par exemple, un tableau de score A et un tableau de score B sont deux éléments qui implémentent exactement le même type de composant (le tableau de score). Pourtant ils peuvent différer suivant de nombreuses caractéristiques. Par exemple ils peuvent présenter un classement absolu (ex : les trois meilleurs scores) ou relatif (ex : les scores précédant l'utilisateur). Ils peuvent par ailleurs afficher un objectif à échéance proche (ex : meilleur score de la semaine) ou un objectif intemporel (ex : meilleur score), amenant le joueur à penser sur le long terme. Tout cela fait qu'un tableau A et un tableau B sont bien deux éléments différents. L'adaptation doit donc avoir lieu à ce niveau d'éléments très concret, permettant ainsi des changements dans l'interface à un degré plus fin que celui de la mécanique de jeu.

Par ailleurs notre but est de réaliser un système d'adaptation de la ludification qui n'affecte pas l'activité d'apprentissage et le scénario (cf. section 1.2.3). Pour imaginer de tels éléments amovibles, nous nous intéressons aux *épiphytes* : un concept bio-inspiré selon lequel un système ne peut exister que lorsqu'il est attaché à un autre. En biologie, les épiphytes sont des plantes qui poussent en se servant d'autres plantes comme support. Giroux *et al.* (1995) ont appliqué le concept d'épiphyte à la réalisation de systèmes conseillers qui s'intègrent à l'interface d'un autre logiciel. Ils

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

définissent la relation entre la fonctionnalité épiphyte et le système hôte selon 4 règles :

- L'épiphyte ne peut exister sans application hôte.
- L'application hôte peut exister sans l'épiphyte.
- L'application hôte et l'épiphyte ont des existences indépendantes.
- L'épiphyte ne porte pas préjudice à son hôte.

Le respect de ces règles permet la création de fonctionnalités pouvant être activées ou désactivées indépendamment selon les utilisateurs. Le concept de fonctionnalité épiphyte a été utilisé notamment pour l'assistance dans les EIAH (Ginon *et al.*, 2014), mais n'a pas encore été utilisé dans la ludification. Pourtant, la conception de telles fonctionnalités est pour nous un élément essentiel dans la réalisation d'un système de ludification adaptative.

Nous proposons dans nos travaux de **formaliser un lien entre fonctionnalités et types de joueurs de façon directe**, comme représenté sur la figure 13. Il aurait été possible d'identifier les liens entre les différents concepts intermédiaires, car ces liens sont mieux établis dans la littérature. Par exemple quand une fonctionnalité est développée, nous pourrions identifier quelles mécaniques elle implémente, puis de déterminer quelles dynamiques émergent de ces dynamiques, puis d'observer quelles émotions suscitent des dynamiques, et enfin établir quels types de joueurs sont plus sensibles à ces émotions. Le principal obstacle à cette approche est que le taux d'erreur pourrait se multiplier autant de fois qu'il y a de niveaux considérés entre le jeu et le joueur. Si nous avons par exemple une moyenne de 10% des fonctionnalités dont les mécaniques sont mal estimées, 10% des mécaniques pour lesquelles les dynamiques associées sont imprécises, etc., alors le nombre d'erreurs sur le lien entre fonctionnalités et types de joueurs sera au final très grand.

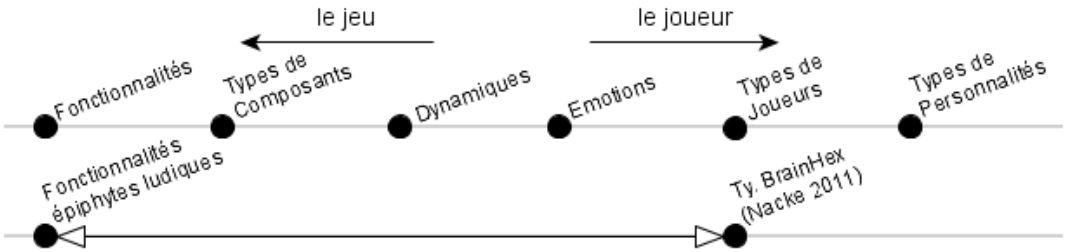


Figure 13 Lier fonctionnalités ludiques et types de joueurs

Afin de permettre la classification de fonctionnalités qui n'ont pas encore été créées, nous ne proposons pas une association préétablie entre certaines fonctionnalités et les types de joueurs mais une méthode générique pour réaliser cette association. La méthode d'association retenue est la « Q-matrice », elle sera présentée en détail dans la partie 3.3.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

3.1.2 Architecture globale d'adaptation

D'une part, un système d'apprentissage basé sur le jeu se doit d'implanter les aspects ludiques et narratifs d'une façon profondément connectée (Szilas *et al.*, 2009). D'autre part, pour favoriser l'adaptation, il est préférable de gérer l'adaptation pédagogique et l'adaptation ludique indépendamment (Peirce *et al.*, 2008). Ces deux contraintes peuvent sembler contradictoires, mais peuvent être respectées toutes les deux. La première peut-être remplie **par la conception de fonctionnalités ludiques porteuses de sens par rapport à l'activité d'apprentissage** (cf. partie 3.2). La seconde peut être remplie **en implantant le contrôle des fonctionnalités ludiques indépendamment du contrôle de l'activité d'apprentissage** (cf. figure 14).

Notre système de ludification adaptative d'un EIAH repose sur un ensemble de fonctionnalités ludiques et un moteur d'adaptation dont le rôle est de déterminer les fonctionnalités à intégrer à l'interface utilisateur. Le système de ludification adaptatif est conçu pour s'intégrer à un environnement d'apprentissage existant, représenté en vert sur la figure 14. Il est possible (mais pas nécessaire) que l'environnement d'apprentissage repose sur une adaptation pédagogique basée sur un modèle d'apprenant.

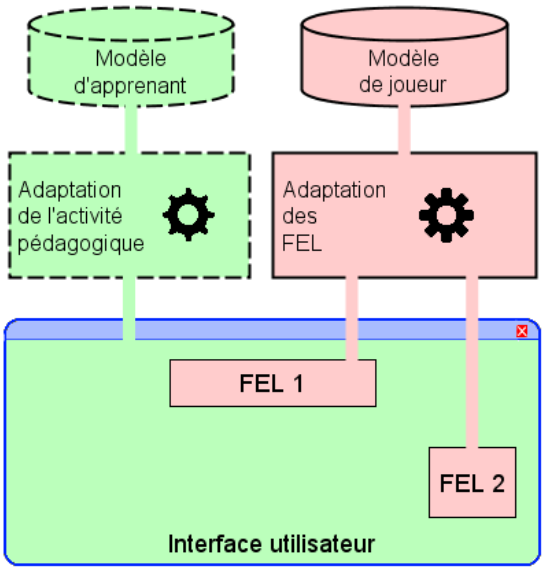


Figure 14 Architecture du système de ludification adaptative

Les Fonctionnalités Épiphytes Ludiques (détaillées dans la partie 3.2) sont implantées dans l'environnement d'apprentissage et apparaissent dans l'interface utilisateur, elles peuvent ainsi agir en cohérence avec l'état actuel de l'interface de l'environnement d'apprentissage. Les FEL sont contrôlées par un moteur d'adaptation spécifique (cf. partie 3.4) qui fonctionne indépendamment de l'adaptation pédagogique. Ce moteur d'adaptation base ses décisions sur l'état du modèle de joueur. Le

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

découpage en fonctionnalités activables indépendamment les unes des autres permet d'une part d'adapter l'interface, et d'autre part d'évaluer l'impact de chaque fonctionnalité sur le comportement des utilisateurs indépendamment (Yasumasa et Tezuka, 2013).

3.1.3 Processus d'adaptation cyclique

Le processus d'adaptation permanent peut être représenté sous la forme d'un cycle (cf. figure 15). Les interactions de l'utilisateur avec les fonctionnalités ludiques sont tracées et stockées dans une base de données. Au passage elles sont traitées par le moteur d'adaptation qui peut décider de mettre à jour le modèle de joueur en conséquence. La mise à jour du modèle de joueur est présentée en détails dans la section 3.3.3.2. Par la suite, ce changement peut provoquer une adaptation des fonctionnalités, afin que celles-ci correspondent au nouvel état du modèle de joueur. Le processus d'adaptation des fonctionnalités est présenté dans la section 3.3.3.1.

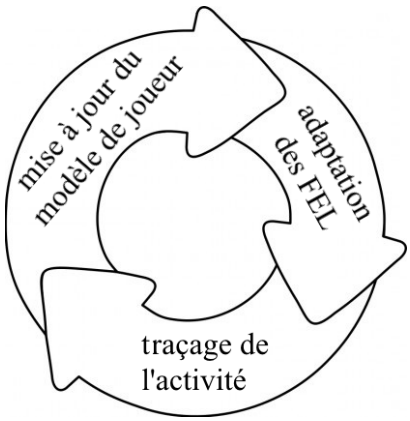


Figure 15 Représentation cyclique du processus d'adaptation

3.1.4 Modèle de joueur

Nous utilisons ici le terme de **typologie de joueur** pour désigner le choix d'une classification (ex. BrainHex) et de son mode de représentation. Nous parlons de **profil de joueur** pour désigner les données qui décrivent un utilisateur suivant cette typologie. Le profil est généralement représenté par une liste de valeurs correspondant chacune à un type de joueur. Enfin, le **modèle de joueur** désigne l'ensemble des données détenues par le système concernant le joueur. Le modèle de joueur contient les informations suivantes :

- le profil de joueur,
- la liste des FEL actives pour ce joueur.

L'initialisation du modèle de joueur et le fonctionnement détaillé du cycle d'adaptation sont discutés dans la partie 3.4.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

3.2 Fonctionnalités Épiphytes Ludiques

Nous introduisons dans cette partie la notion de Fonctionnalité Épiphyte Ludique (FEL) inspirée du concept d'épiphyte (Giroux *et al.*, 1995). Les différents niveaux d'éléments d'une FEL sont représentés sur la figure 16. Une FEL se définit par un ensemble de règles qui garantissent son intégrité et son utilisabilité. Une fois ces règles établies, nous étudions en détails les caractéristiques d'une fonctionnalité qui respecte les dites règles afin d'en définir la structure.

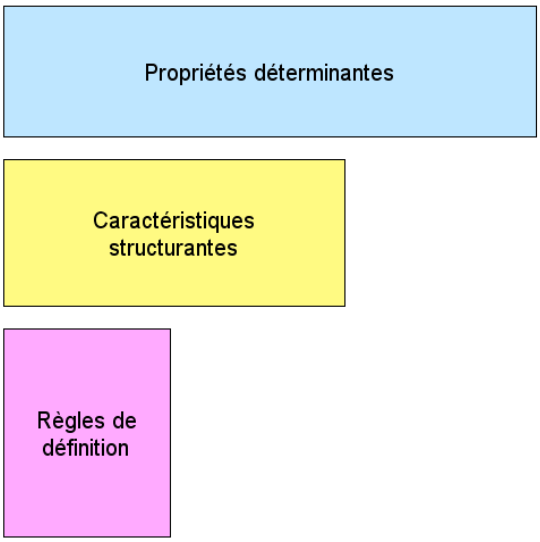


Figure 16 Vue globale d'une Fonctionnalité Épiphyte Ludique (FEL)

3.2.1 Définition d'une FEL

3.2.1.1 Contraintes existentielles

La réussite des fonctionnalités ludiques est conditionnée à un ensemble de contraintes. Certaines sont issues de la nature même du jeu, d'autres sont liées à la caractéristique épiphyte des fonctionnalités. Enfin si les fonctionnalités sont destinées à être utilisées dans un système adaptatif, cela entraîne aussi certaines contraintes. Nous noterons les différentes contraintes (Jeu), (Epi.), et (Ada.) selon leur provenance.

Le fait que la fonctionnalité soit ludique nous amène à regarder la définition même du jeu. Cela implique tout d'abord que l'utilisation de la fonctionnalité doit faire émerger au moins une mécanique ludique (Jeu 1). De plus le jeu étant par définition une activité volontaire (Caillois, 1961), on ne doit pas forcer un utilisateur à se servir d'une fonctionnalité ludique. C'est pourquoi celles-ci doivent pouvoir être désactivées ou masquées par l'utilisateur (Jeu 2). Le système peut proposer la désactivation d'un élément de jeu, mais la décision de désactiver ou non doit toujours être

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

prise par l'utilisateur et non par le système, car retirer des éléments de ludification peut avoir de lourdes conséquences sur l'expérience des utilisateurs (Thom *et al.*, 2012). Enfin, dans un contexte pédagogique, les fonctionnalités doivent aussi respecter la notion essentielle d'intégration entre jeu et apprentissage (Jeu 3).

Le caractère épiphyte des fonctionnalités nous invite également à respecter les contraintes formalisées par Giroux *et al.* (1995), à savoir : l'épiphyte ne peut exister sans l'application hôte (Epi. 1), l'application hôte peut exister sans l'épiphyte (Epi. 2), l'application hôte et l'épiphyte ont des existences indépendantes (Epi. 3), et l'épiphyte ne porte pas préjudice à son hôte (Epi. 4). Dans un EIAH, cela implique notamment que l'activité d'apprentissage ne soit pas affectée par l'épiphyte.

Pour finir, la volonté d'utiliser des fonctionnalités dans un système adaptatif apporte aussi son lot de contraintes. Cela implique notamment que les fonctionnalités puissent être activées et désactivées sans conséquence pour l'activité d'apprentissage (Ada. 1). Le système d'adaptation du profil étant basé sur les traces d'activité, il faudra aussi que les interactions entre l'utilisateur et les fonctionnalités soit traçables (Ada. 2).

3.2.1.2 Règles de définition

D'après l'ensemble de contraintes présenté précédemment, nous définissons les Fonctionnalités Épiphytes Ludiques adaptatives comme respectant un ensemble de six règles, détaillées ci-dessous et résumées sur la figure 17 :

R1. Elles doivent implanter au moins une mécanique de jeu.
R2. Elles doivent être basées sur des informations issues de l'activité d'apprentissage (actions de l'apprenant ou contenu pédagogique).
R3. Leur activation / présence ne doit pas affecter l'activité d'apprentissage.
R4. Leur désactivation / absence ne doit pas affecter l'activité d'apprentissage.
R5. L'utilisateur doit avoir un moyen de les désactiver.
R6. [Option] Elles doivent générer des interactions avec l'utilisateur traçables.

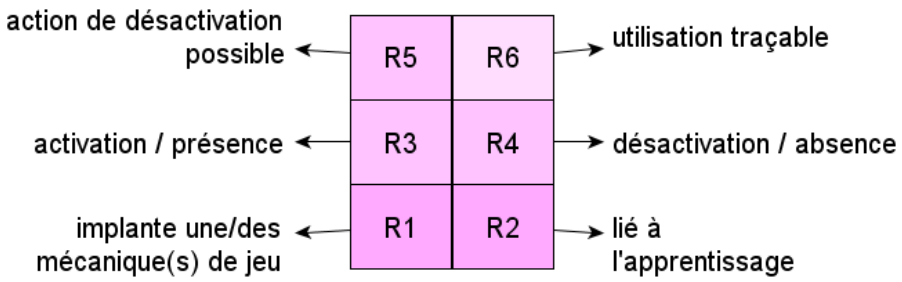


Figure 17 Règles définissant une Fonctionnalité Épiphyte Ludique

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Les règles R1 et R2 sont toujours valables dans les contextes qui mêlent jeu et apprentissage, qu'il s'agisse de jeu sérieux ou de ludification. R1 découle directement de la contrainte (Jeu 1), et R2 est issu de (Jeu 3). Les règles R3, R4 et R5 sont liés aux propriétés épiphytes de la fonctionnalité : la possibilité qu'elle soit activée et désactivée, grâce à leur indépendance avec le système. R3 est issue des contraintes (Epi4) et (Ada 1), R4 est issue de (Epi 2 et Ada 1), et R5 est issue de (Jeu 2). Enfin, la règle R6 est optionnelle. Elle s'applique lorsque la fonctionnalité est destinée à être utilisée dans un environnement qui s'adapte d'après les traces des actions de l'utilisateur. R6 découle de la contrainte (Ada 2).

Cet ensemble de règles peut sembler contraignant quant aux possibilités de création de fonctionnalités. Cependant, l'étude de plusieurs exemples et contre-exemples nous montre qu'elles jouent le rôle de garant pour éviter certains débordements qui nuiraient au bon fonctionnement du système, ou à l'apprentissage lui-même. Elles garantissent également la souplesse et l'interopérabilité qui sont nécessaires à l'adaptation du système.

3.2.1.3 Exemple et contre-exemples

Pour comprendre les implications concrètes de ces règles, nous prenons l'exemple d'un tableau de score qui classe les utilisateurs selon leur meilleur nombre de bonnes réponses consécutives. Le tableau de scores est une mécanique qui (R1) fait émerger de la compétition, une dynamique représentée dans la plupart des typologies de joueurs. Le score étant basé sur les bonnes réponses, (R2) le tableau encourage l'utilisateur à se concentrer sur la tâche d'apprentissage pour ne pas faire de fautes. De plus, il donne à l'apprenant un objectif (R3) sans le détourner de sa tâche, mais sans non plus se rendre indispensable à l'apprentissage (R4). Enfin, le tableau peut être accompagné d'un bouton en forme de croix pour que l'utilisateur le fasse disparaître (R5) et peut apporter à l'utilisateur des informations supplémentaires quand il le survole avec le curseur (R6) (voir l'exemple dans la partie 4.1).

Afin de bien comprendre le périmètre défini par ces règles, nous observons aussi des fonctionnalités ne correspondant pas à cette définition. Par exemple, l'*onboarding* est un principe suivant lequel on ne dévoile que peu à peu les informations à l'utilisateur, pour que le système soit perçu comme étant moins compliqué aux utilisateurs débutants. L'*onboarding* est souvent cité comme une mécanique de ludification intéressante (Zichermann et Cunningham, 2011). Pourtant, bien que ce principe soit généralement suivi dans des jeux vidéo, il répond principalement à un besoin d'utilisabilité et ne génère en rien une dynamique de jeu. Cette mécanique est donc incompatible avec la règle (R1). La loterie est parfois reconnue comme une mécanique de jeu également. Si le hasard peut être une mécanique intéressante, le hasard pur qui génère une récompense sans aucune condition d'action de la part de l'utilisateur n'est pas pertinent dans le contexte éducatif et ne respecte donc pas la règle (R2). De même, la mécanique de duel est une manière efficace de susciter la compétition mais elle pose un problème dans notre contexte : le duel est une activité supplémentaire et sa mise en place risque de remplacer l'activité principale d'apprentissage, ce

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

qui rentre en contradiction avec la règle (R3). Pour le contre-exemple suivant, nous allons considérer la mécanique qui consiste à bloquer l'accès à certaines parties du site tant qu'un prérequis n'est pas rempli. Le but de cette mécanique est de pousser l'utilisateur à terminer une activité s'il veut avoir accès à une autre. Cette mécanique ne peut pas -en elle-même- être considérée comme épiphyte, car le fait de la désactiver maintiendrait le blocage sur les différentes activités ou libérerait l'accès à toutes les activités, ce qui dans les deux cas irait à l'encontre du bon usage du site et de la règle (R4). Il en va de même pour le fait de découper une activité en niveaux. Cette caractéristique est inhérente à l'environnement d'apprentissage et ne peut être désactivée sans conséquences (R4). Concernant les règles (R5) et (R6), il s'agit de caractéristiques supplémentaires qui peuvent être ajoutées relativement facilement à une fonctionnalité respectant les quatre règles précédentes.

3.2.2 Structure d'une FEL

Nous avons étudié en détail les règles qui définissent une Fonctionnalité Épiphyte Ludique Adaptative. Nous pouvons maintenant étudier la structure de telles fonctionnalités afin de bien les concevoir. Le but ici n'est pas d'identifier les caractéristiques de ce qui émerge d'une fonctionnalité pendant son utilisation (comme les dynamiques de jeu), mais d'identifier ce qui les constitue.

3.2.2.1 Méthode de recherche

Afin de proposer un *framework* décrivant la structure fondamentale des FEL, nous en avons étudié plusieurs exemples dans différents environnements d'apprentissage. Nous avons alors cherché à décomposer ces exemples de fonctionnalités pour en extraire les propriétés avec un grain fin, tout en veillant à ce que ces propriétés restent valables pour l'ensemble des fonctionnalités correspondant à la définition d'une FEL.

Afin de s'assurer que les propriétés couvrent largement les diverses mécaniques de jeu et soient compatibles avec ces mécaniques, nous avons passé en revue :

- les 47 mécaniques de SCVNGR[2] (Schonfield, 2010),
- les 24 mécaniques du *Gamification Wiki* (Badgeville, 2011),
- les 7 ressorts de jeu de Mariais (2012)
- les 35 mécaniques du *Gamification Mechanics Toolkit* (Manrique, 2013)
- les 44 éléments de gamification de Marache-Francisco (2013)

Ces ressources ont été sélectionnées pour le grand nombre d'éléments qu'elles contiennent, dans une logique inclusive. Nous avons ensuite passé ces éléments systématiquement à travers plusieurs filtres. Nous avons tout d'abord identifié les mécaniques qui peuvent s'appliquer à la ludification telle que définie par Deterding *et al.* (2011a). Ensuite nous avons établi pour chaque mécanique restante si elle correspondait aux règles de définition de FEL, et lorsque c'était le cas nous l'avons intégrée au *framework*.

[2] Nom d'une ancienne plateforme de jeux sur dispositifs mobiles, SCVNGR est l'abréviation de *scavenger*.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

L'étude de ces ressources nous a permis d'établir la liste des *propriétés déterminantes* d'une fonctionnalité. Ces propriétés se traduisent par des *caractéristiques structurantes* qui constituent l'implantation de la fonctionnalité. La structure d'une FEL se définit alors sur deux niveaux d'abstraction : les caractéristiques structurantes au niveau de l'implantation et les propriétés déterminantes au niveau des mécaniques créées par cette implantation. Nous présentons dans un premier temps les caractéristiques structurantes.

3.2.2.2 Caractéristiques structurantes d'une FEL

Nous avons rassemblé les propriétés identifiées en quatre caractéristiques distinctes, permettant de définir ce qui compose une FEL :

C1. Actions
C2. Informations
C3. Fonctionnement
C4. Représentation

Description des caractéristiques

Ces caractéristiques se placent au niveau de l'implantation de la fonctionnalité. Nous décrivons ci-dessous ces quatre caractéristiques accompagnées d'un exemple de fonctionnalité (sur les figures 18 à 21). Cette fonctionnalité montre à l'apprenant sa meilleure série de bonnes réponses, l'encourageant ainsi à éviter les mauvaises réponses pour battre son score.

Actions (C1). Par *actions*, nous désignons **l'ensemble des actions du joueur qui ont une influence sur la fonctionnalité**. Exemple :

- Bonne réponse de l'utilisateur
- Mauvaise réponse de l'utilisateur

Figure 18 Exemple d'actions qui ont une influence sur une FEL

Chaque fonctionnalité repose sur un ensemble d'actions auxquelles elle réagit. Ces actions peuvent avoir deux sources différentes :

- l'environnement d'apprentissage,
- la fonctionnalité ludique.

Le premier type d'actions a lieu au sein de l'environnement d'apprentissage. C'est ainsi ce qui crée le lien entre la fonctionnalité et l'activité d'apprentissage (R2). Les actions du second type sont le fruit d'interactions effectuées directement avec la fonctionnalité ludique.

Informations (C2). Par *informations*, nous désignons **l'ensemble des informations que peut acquérir le joueur via la fonctionnalité**. Exemple :

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

- Nombre de bonnes réponses depuis la dernière mauvaise réponse
- Meilleur nombre de bonnes réponses consécutives atteint

Figure 19 Exemple d'informations d'une FEL

Les sujets sur lesquels portent ces informations peuvent être divers. Cependant elles sont liées d'une manière ou d'une autre aux actions du joueur (C2), en cela elles constituent toujours une forme de feedback. La mécanique de jeu (R1) peut parfois se situer au niveau de l'information. Par exemple informer le joueur de son score et de celui de ses adversaires suscite la compétition, indépendamment de la manière dont sera représentée cette information.

Fonctionnement (C3). Par *fonctionnement*, nous désignons **l'ensemble des traitements et algorithmes qui sont appliqués à l'information avant que celle-ci ne soit délivrée à l'utilisateur**. Exemple :

- Quand l'utilisateur fait une bonne réponse, alors
  - son nombre de bonnes réponses actuel augmente de 1
  - si son nombre actuel est plus grand que son meilleur score, alors son meilleur score augmente de 1
- Quand l'utilisateur fait une mauvaise réponse, alors
  - son nombre de bonnes réponses actuel devient 0

Figure 20 Exemple de fonctionnement d'une FEL

Le fonctionnement détermine la manière dont se crée cette information d'après les actions de l'utilisateur. Il correspond au cœur de l'algorithme de la fonctionnalité. La mécanique de jeu (R1) est souvent déterminée au niveau du fonctionnement. Par exemple, ici le fait qu'une mauvaise réponse fasse chuter le score à zéro plutôt que de le faire redescendre d'un point fait émerger une dynamique sensiblement différente pour l'utilisateur.

Représentation (C4). Par *représentation*, nous désignons **l'ensemble des éléments (visuels ou sonores) qui délivrent à l'utilisateur les informations qu'elle apporte**.

Si la fonction principale de la représentation est de délivrer l'information, elle peut aussi aider le joueur à comprendre quelles sont les actions prises en compte et le fonctionnement de la FEL. Par exemple sur la figure 21, un « +1 » apparaît instantanément quand l'utilisateur augmente son score, lui permettant de comprendre que c'est le résultat de sa bonne réponse. Au contraire, il est possible délibérément de ne pas représenter le fonctionnement d'une fonctionnalité. Par exemple on peut montrer à l'utilisateur un score ou une récompense sans lui dire comment obtenir cette récompense, ce qui aura pour effet d'éveiller sa curiosité.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

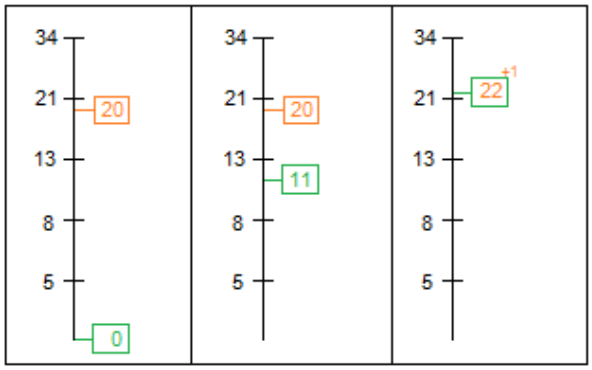


Figure 21 Exemple de représentation d'une FEL
À gauche : le joueur vient de faire une mauvaise réponse
Au centre : le joueur vient de réussir onze bonnes réponses consécutives
À droite : le joueur vient de réussir vingt-deux bonnes réponses et augmente son score

Une mécanique de jeu (R1) peut parfois être créée au niveau de la représentation de la fonctionnalité. Par exemple, ici la graduation présente le nombre 34 comme un objectif que le joueur cherchera à atteindre, ce qui fait émerger une dynamique d'accomplissement, ce qui ne serait pas le cas si ces nombres étaient représentés sans graduation.

Relations entre les caractéristiques et cardinalité

La figure 22 représente les quatre caractéristiques structurantes d'une FEL. Les actions des utilisateurs sont un *input* pour le fonctionnement de la FEL. Le fonctionnement construit ensuite les informations. Enfin, la représentation délivre les informations à l'utilisateur, et lui permet éventuellement de comprendre quelles sont les actions et le fonctionnement de la FEL.

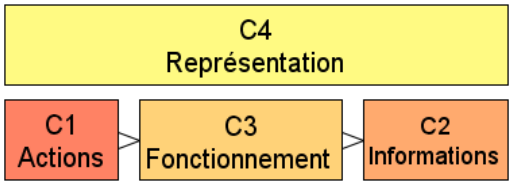


Figure 22 Les quatre caractéristiques structurantes d'une FEL

La cardinalité entre les quatre caractéristiques est très libre. Une fonctionnalité peut être basée sur un seul type d'actions ou plusieurs. Par exemple sur un forum d'entre-aide, un score symbolisant l'activité de l'utilisateur peut être le résultat à la fois du nombre de questions posées et du nombre de réponses apportées. Les informations peuvent aussi être multiples et faire partie d'une seule fonctionnalité indivisible. C'est par exemple le cas si la fonctionnalité montre le score de l'apprenant et

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

son classement par rapport à tous les scores du groupe. Ensuite il est possible de représenter une seule information par un ou plusieurs éléments. Par exemple, une barre de progression avec un pourcentage d'avancement est l'association de deux représentations : une schématique et une textuelle. De même ces éléments peuvent avoir un ou plusieurs emplacements. Par exemple quand un utilisateur marque un point, il peut y avoir (1) un score affiché en permanence qui s'incrémente, (2) une *popup* informant instantanément l'utilisateur qu'il a marqué un point, et (3) un mail hebdomadaire qui résumera à l'utilisateur le nombre de points marqués pendant la semaine.

3.2.2.3 Propriétés déterminantes d'une FEL

Dans cette section nous présentons les propriétés déterminantes des FEL classées selon les caractéristiques auxquelles elles sont associées. Chaque propriété est associée à un ensemble de valeurs. Ces valeurs sont issues de l'analyse de la littérature décrite dans la section 3.2.2.1. Nous montrons aussi pour chaque propriété en quoi elle est déterminante pour les dynamiques émergeantes de la fonctionnalité.

C1 Propriétés des actions

Deux propriétés sont liées aux actions : l'acteur et l'objet de la fonctionnalité.

Tableau 1 Propriétés liées aux actions

(C1) Actions	
(P1) Acteur	(a) Utilisateur (b) Autres utilisateurs (c) Enseignant
(P2) Objet	(a) Environnement d'apprentissage (b) FEL

Acteurs (P1). La première propriété désigne le ou les acteurs des actions prises en compte par la fonctionnalité. Nous l'avons expliqué, l'utilisateur concerné est toujours à l'origine d'au moins une de ces actions. Cependant il est aussi possible de prendre en compte des actions des autres apprenants (par exemple pour susciter la compétition ou la collaboration), et des actions de l'enseignant (par exemple s'il apporte des informations complémentaires ou des conseils, voire change certaines règles).

Objet (P2). La seconde propriété désigne l'objet sur lequel a lieu chaque action. Il peut s'agir de l'environnement d'apprentissage (par exemple si l'action est une réponse de l'apprenant). Il peut s'agir aussi de la fonctionnalité elle-même (par exemple si la fonctionnalité est un bouton « en savoir plus » pour apporter des informations complémentaires aux curieux. En revanche il ne peut pas s'agir d'une autre fonctionnalité ludique, car celles-ci doivent être indépendantes entre-elles pour respecter la règle (R4).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

C2 Propriétés des informations

Trois propriétés sont liées aux informations : le sujet de chaque information, son format et sa situation.

Tableau 2 Propriétés liées aux informations

(C2) Informations	
(P3) Sujet	(a) Qualité et avancement de l'apprentissage (b) Régularité dans l'apprentissage (c) Vitesse d'exécution (d) Qualité/quantité des contributions (e) Contenus pédagogiques (f) Usages et applications des savoirs
(P4) Format	(a) Valeur binaire (b) Score à échelle fermée (c) Score à échelle ouverte (d) Autre (texte, vidéo, etc.)
(P5) Situation	(a) Isolée (b) Comparée aux autres apprenants (c) Comparée aux valeurs précédentes (d) Valable pour un groupe (e) Pour une période de temps donnée

Sujet (P3). L'information peut porter sur différents sujets. Les quatre premiers choix concernent l'activité d'apprentissage. Le premier concerne directement l'avancement dans la tâche d'apprentissage (a). La fonctionnalité apporte alors un feedback sur la progression dans un niveau / exercice, ou peut représenter la progression globale sur l'ensemble des exercices de la plateforme. Il est aussi possible de mettre en avant et de récompenser la régularité dans l'apprentissage (b), car elle est souvent gage de réussite. Le temps que met l'utilisateur à terminer une tâche (c) est également un sujet sur lequel on peut faire des retours à l'utilisateur. Cela peut être nocif sur certaines tâches (ex. lecture pour les enfants), mais peut pousser l'apprenant à mieux se concentrer sur d'autres. Dans certains systèmes l'utilisateur peut laisser une contribution (d) ou un commentaire à destination d'un utilisateur ou de la communauté entière. Contribuer est une façon d'apprendre, et cela mérite un feedback. L'action de contribution peut faire partie de l'activité d'apprentissage initiale, ou peut être un élément ajouté par la fonctionnalité. L'information peut aussi porter directement sur les contenus pédagogiques (e), comme par exemple une rubrique « Le saviez-vous ? » Le dernier choix est de présenter les applications potentielles des savoirs et compétences (f), afin de montrer à l'apprenant d'utilité de sa tâche. En

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

revanche le sujet ne doit pas être complètement indépendant de l'activité d'apprentissage ou du sujet enseigné, car la fonctionnalité risquerait de concurrencer l'apprentissage (R3).

Format (P4). Les informations peuvent prendre de nombreux formats différents, en particulier lorsque l'information est un nombre. Dans ce cas il peut s'agit d'une valeur binaire (a) (ex. badge acquis ou non acquis), d'un score à échelle fermée (b) (ex. une note sur 20, un statut sur une liste « débutant » à « expert »), ou d'un score à échelle ouverte (c) (ex. nombre de bonnes réponses consécutives). D'autres formats sont possibles (d), comme le texte ou la vidéo, quand la fonctionnalité apporte des informations plus complexes. Le choix du format est loin d'être anodin puisqu'il dépend de l'information à représenter mais il a aussi un rôle sur les dynamiques associées, et par conséquent les types de joueur. Par exemple un score à échelle fermée poussera un apprenant de type *achiever* à atteindre le score maximal, ce qui n'est pas le cas du score à échelle ouverte qui ne peut pas être « atteint ».

Situation (P5). L'information portée par une fonctionnalité ne se réfère pas toujours seulement à l'apprenant concerné (a), elle peut être située dans un ensemble. Par exemple la performance d'un apprenant peut être présentée aux côtés des performances des autres apprenants (b) ou de ses performances précédentes (c). Les dynamiques émergeantes seront alors différentes, suscitant la compétition dans le premier cas et le dépassement de soi dans le second. Par ailleurs, ne pas donner le score d'un joueur mais uniquement celui de son groupe (d) favorise la collaboration, créant un but collectif plutôt qu'un but individuel. Il peut être également intéressant de situer l'information dans une période de temps restreinte (e). Par exemple s'il y a un « meilleur score du jour » au lieu d'un meilleur score global, cela donne à l'utilisateur une chance d'avoir le meilleur score le lendemain s'il ne l'a pas eu le jour même.

C3 Propriétés du fonctionnement

Une seule propriété est liée au fonctionnement : les opérations numériques.

Tableau 3 Propriétés liées au fonctionnement

(C3) Fonctionnement	
(P6) Opérations numériques	(a) Tâche = récompense (b) Hasard (c) Paliers (checkpoints) (d) Bonus, combos (e) Risque de perte (f) Ressources accessibles sous condition (g) Monnaie virtuelle (h) Autre

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Opérations numériques (P6). Le simple fait d'afficher une information basée sur une action du joueur crée un *feedback*, et cela peut constituer en soi une fonctionnalité ludique. Par exemple nous pouvons afficher « bonne réponse » quand l'apprenant fait une bonne réponse et « mauvaise réponse » quand il se trompe. Cependant cela crée un mode d'interaction pauvre et peu engageant. Il y a plusieurs manières d'enrichir cette fonctionnalité.

Lorsque l'information est basée sur un nombre, de nombreuses opérations sont possibles sur ces nombres. Au-delà de la mécanique classique qui consiste à donner une récompense quand une tâche est terminée (a), la manière de gagner des points peut être influencée par le hasard (b), stabilisée par le passage de paliers (c), rendue instable et inattendue par la réalisation de combos (réussites successives) ou avec l'obtention de bonus (d), ou encore rendue stressante avec le risque de faire chuter le score suite à une erreur (e). On peut aussi considérer qu'un seuil doit être passé pour libérer l'accès à des ressources (f). Dans ce cas, ces ressources doivent faire partie de la fonctionnalité épiphyte (R4). On peut aussi considérer un nombre comme une monnaie virtuelle (g). La monnaie virtuelle est une catégorie large englobant plusieurs mécaniques. Un exemple classique d'utilisation est celui du pari : l'utilisateur va par exemple dépenser une certaine somme pour parier sur sa réussite à un défi (ex. exercice chronométré), et récupérer une somme en fonction de sa réussite. Cette monnaie peut aussi être dépensée pour débloquer des accès ou des pouvoirs spéciaux. La seule limite à ces pouvoirs est qu'ils ne doivent pas permettre à l'utilisateur d'outrepasser les règles définissant les FEL (section 3.2.1). Un large panel d'opérations numériques peut encore être imaginé, c'est pourquoi nous avons aussi ajouté une catégorie « autre » (h).

C4 Propriétés de la représentation

Cinq propriétés sont liées à la représentation : le modèle de représentation, le style, l'emplacement, la temporalité et l'accès.

Tableau 4 Propriétés liées à la représentation

(C4) Représentation	
(P7) Modèle de représentation	(a) Nombre (b) Barre de progression (c) Tableau (d) Graphique (e) Image (f) Objet à forme variable, animation (g) Autre (texte, vidéo, son, etc.)
(P8) Style	Taille, couleur, police d'écriture, agencement.
(P9) Temporalité	(a) Visible en permanence (b) Accessible en permanence (c) Info. Instantanée synchrone

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

	(d) Info. Instantanée asynchrone
(P10) Emplacement	(a) Pendant l'activité d'apprentissage (b) Navigation entre les exercices (c) À la fin d'une tâche (d) Sur le profil de l'utilisateur (e) Dans un message/notification
(P11) Accès	(a) Utilisateur seul (b) Autres utilisateurs

Modèle de représentation (P7). Les représentations des fonctionnalités ludiques peuvent être regroupées autour de « modèles de représentation ». La représentation la plus simple d'un nombre est d'écrire ce nombre (a), mais il peut aussi être représenté de manière plus visuelle avec une barre de progression (b) pour les valeurs à échelle fermée, un tableau (c), ou encore divers graphiques (d). Il est également courant d'utiliser une image (e). Celle-ci pourra être déterminée par le système pour représenter un badge, ou choisie par l'utilisateur pour représenter son avatar. Parfois, les capacités de l'image et des graphiques sont combinées, créant ainsi des animations (f), ou des objets dont l'état et la forme représentent l'information. À titre d'exemple, un sablier qui s'écoule pour représenter le temps restant avant de terminer une tâche ou un personnage parcourant un chemin pour représenter la progression de l'apprenant rentrent dans la catégorie des animations. Puisque les modes de représentation peuvent se combiner et n'ont pour limite que la créativité des concepteurs, notre modèle comporte également une catégorie « autre » (g).

Style (P8). Une fois le modèle de représentation choisi, nous pouvons déterminer le style de l'élément pour lui donner son apparence précise. Si le modèle de représentation est choisi principalement dans un souci de clarté, le style de la représentation est quant à lui choisi principalement dans un souci de cohérence graphique avec l'environnement existant. Il s'agit par exemple de déterminer la taille, la couleur, ou encore la police d'écriture des nombres et textes.

Le choix d'un modèle de représentation et de son style est déterminant pour faire émerger des éléments de narration. Il s'agit de représenter l'information de manière à créer un imaginaire détaché de la réalité. Par exemple un statut de débutant sera appelé « magicien apprenti », et les points de progression seront appelés « point de magie ». L'imaginaire créé doit être cohérent à travers toutes les fonctionnalités.

Temporalité (P9). La temporalité des représentations des fonctionnalités ludiques peut se classer en deux catégories : les éléments visibles/accessibles de façon permanente et les éléments éphémères. Pour les éléments permanents, on distingue ceux qui sont visibles en permanence (a) et ceux qui sont visibles suite à une demande de l'utilisateur (b), comme ouvrir la page où se trouve l'information désirée. Le fait que cette information/image soit accessible en permanence peut créer un sentiment de possession de la part du joueur si c'est un objet, ou un sentiment de contrôle si c'est une variable sur laquelle il peut agir. Pour la catégorie des informations délivrées de façon éphémère, il y a celles qui arrivent de manière (c) synchrone (ex. une

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

popup qui résume les savoirs acquis quand on termine un niveau), et celles qui arrivent de manière asynchrone (ex. un mail hebdomadaire qui résume les savoirs acquis pendant la semaine). Ce délai entre l'effort est la récompense est parfois apprécié par les utilisateurs, car il leur donne une seconde occasion de se réjouir de leur réussite (Stusak *et al.*, 2014).

Emplacement (P10). Lorsque la représentation de la fonctionnalité est visuelle, il faut lui attribuer un (ou plusieurs) emplacement(s). L'attribution d'un espace pour la fonctionnalité est très fortement dépendante de sa temporalité et de son mode de représentation. Cet espace peut se situer dans l'écran de l'activité d'apprentissage principale (a) (exercices, etc.), sur la page de navigation entre les exercices (b), à la fin d'une tâche (c), ou sur la page de profil d'un utilisateur (d). Il est aussi possible de placer cette information dans un message (e), celui-ci pourra par exemple être notifié à l'apprenant dans l'environnement d'apprentissage, ou dans un e-mail.

Accès (P11). La dernière propriété détermine si seul l'utilisateur concerné a accès à l'information (a), ou si les autres utilisateurs peuvent y accéder aussi (b), ce qui peut être une manière indirecte de créer de la compétition ou de la collaboration.

3.2.2.4 Exemple d'application du framework

Nous proposons l'application de ce *framework* à un exemple classique de la ludification sur le web. L'exemple est issu de Duolingo, un site d'apprentissage des langues utilisé par plus de dix millions de personnes, et connu notamment pour la réussite de son système de ludification (Klock *et al.*, 2015).

Sur Duolingo, l'activité principale de l'apprenant est de traduire des mots et phrases. La fonctionnalité étudiée ici est un décompte qui n'accorde à l'utilisateur qu'un temps limité pour traduire une série de 20 phrases. Il gagnera alors des points d'expérience supplémentaires s'il réussit. Cette fonctionnalité n'étant pas épiphyte, elle ne respecte pas les six règles de définition des FEL. Cependant elle est compatible avec les caractéristiques et propriétés du *framework* de FEL. Les caractéristiques de cette FEL et les valeurs prises par ses propriétés sont décrites sur le tableau 5.

Tableau 5 Application du *framework* de FEL au chronomètre de Duolingo

C1 – Actions • L'apprenant choisit s'il veut faire l'activité en temps limité ou non. • L'apprenant traduit un mot ou une phrase. • L'apprenant termine l'activité (20 phrases).	**P1 – Acteur** (a) Seul les actions de l'utilisateur sont prises en compte.
	P2 - Objet (b) La première action vient de la fonctionnalité elle-même. (a) Les autres actions sont effectuées dans l'environnement d'apprentissage.
C2 – Information • Temps restant pour terminer.	**P3 – Sujet** (c) L'information porte sur la vitesse d'exécution.
	P4 – Format

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

• Nombre de phrases/mots traduits dans le temps imparti.	(b) C'est le nombre de bonnes réponses avant l'écoulement du temps qui est finalement pris en compte. Il peut aller de zéro à vingt.
	P5 – Situation (a) L'information n'est pas mise en relation avec d'autres.
C3 – Fonctionnement • Le compteur est initialisé à 30 secondes au début de l'activité. • Le compteur diminue au cours du temps pendant l'activité. • Si l'apprenant fait une bonne réponse, alors environ huit secondes sont ajoutées. • Si l'apprenant termine le niveau avant que le chronomètre ne tombe à zéro, alors il gagne des points d'expérience supplémentaires.	**P6 – Opérations numériques** (a) L'apprenant gagne des points d'expérience à la fin de l'activité.
C4 – Représentation 00:30	**P7 – Modèle de représentation** (a) Le temps restant est simplement représenté par un nombre.
	P9 – Temporalité (a) Le temps restant est visible en permanence.
	P10 – Emplacement (a) Le temps restant est visible pendant l'activité d'apprentissage.
	P10 – Accès (a) Seul l'utilisateur a accès à ses résultats.

Cette fonctionnalité affecte l'activité d'apprentissage, car si le temps s'est intégralement écoulé avant que l'apprenant n'ait terminé l'activité, celle-ci s'arrête. Elle ne respecte donc pas la règle R1. De plus elle est directement dépendante du système de points d'expérience. Si ce système de points était désactivé, l'activité chronométrée n'aurait plus d'objectif, ce qui est contraire à la règle R4.

Ainsi, la plupart des fonctionnalités ludiques existantes dans les EIAH sont compatibles avec le *framework* de fonctionnalités ludiques mais ne sont pas épiphytes.

3.2.3 Discussion

Dans la partie 3.2, nous avons défini les Fonctionnalités Épiphytes Ludiques suivant un ensemble de six règles. Nous avons ensuite présenté quatre caractéristiques qui

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

décomposent la structure de la FEL, et onze propriétés qui déterminent l'impact que celle-ci aura sur l'utilisateur.

Ce *framework* s'utilise différemment lors de la conception d'un nouveau système de ludification et lors de l'analyse d'un système ludique existant. La conception d'un système commence par l'identification du comportement cible des utilisateurs (cf. section 2.1.5.2). Nous allons donc d'abord définir les propriétés des FEL favoriseront ce comportement, puis établir dans un second temps comment implanter cela à travers la définition des caractéristiques.

Lors de l'analyse d'un système ludique existant, il est au contraire plus pertinent de formaliser l'implantation observée à travers les caractéristiques, pour ensuite en déduire les valeurs des propriétés déterminantes.

3.2.3.1 Généricité

Le modèle de FEL proposé est générique car la structure décrite est valable pour différents environnements d'apprentissage. Cependant les fonctionnalités que ce *framework* permet de concevoir ne sont pas elles-mêmes génériques.

Pour notre implantation du système, il nous semble plus judicieux de développer directement les fonctionnalités dans l'environnement d'apprentissage, car le fait de concevoir des fonctionnalités génériques serait très contraignant. Tout d'abord, certaines actions (C1) sur l'activité de l'apprenant viennent nécessairement de l'environnement hôte, et une fonctionnalité devrait avoir des capteurs pour la récupérer. De plus le fonctionnement (C3) d'une fonctionnalité doit lui-aussi être spécifique à l'environnement d'apprentissage. Par exemple on ne récompense pas de la même manière un niveau qui se termine en deux minutes et un niveau sur lequel l'apprenant doit s'entraîner deux heures. Ensuite la représentation d'une FEL (C4) n'a pas grand intérêt à être générique, car son style (P8) doit correspondre à la charte graphique de l'environnement cible. Cela est valable au niveau le plus élémentaire : une police d'écriture très différente des autres pourrait perturber l'utilisateur. C'est également valable sur l'emplacement d'une fonctionnalité (P10), celui-ci est également plus pertinent quand il est spécifique, car chaque environnement d'apprentissage a ses propres contraintes sur l'agencement des éléments.

Si nous résumons, une fonctionnalité générique devrait être soit une coquille à l'intérieur de laquelle il faut redévelopper de nombreux éléments (C1, C3 et C4), soit une fonctionnalité complète prenant en entrée l'information sur l'utilisateur, mais qui aura un fonctionnement et une représentation inadaptés à l'environnement dans lequel elle doit s'intégrer. Développer les fonctionnalités directement dans l'environnement d'apprentissage semble donc être une meilleure option. Nous envisageons le développement de fonctionnalités génériques à l'aide de ce *framework* comme perspective à long terme (cf. section 5.2.6).

3.2.3.2 Interchangeabilité et expressivité

Certaines caractéristiques sont interdépendantes, le fait par exemple de vouloir utiliser un fonctionnement par paliers (P6.b) implique de travailler sur une valeur dans

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

un format numérique : le score à échelle fermée (P3.b) ou ouverte (P3.c). Cependant dans la majorité des cas, les éléments sont facilement interchangeables, et les options sont facilement applicables à des fonctionnalités de différentes natures.

Le fait de décomposer la fonctionnalité permet d'obtenir un niveau d'expressivité très élevé tout en utilisant un ensemble de concepts limité. C'est l'assemblage des éléments fondamentaux qui constitue une mécanique de jeu. Certaines associations de notions recréent des mécaniques de jeu bien connues, tandis que d'autres créent des combinaisons plus originales. Ce système favorise la créativité.

Par exemple, le compte à rebours est une mécanique classiquement exprimée par le fait que l'utilisateur a réussi ou non à finir dans les temps (P3.a), qui permet de gagner une récompense quand la tâche est terminée dans le temps imparti (P6.a), qui montre le nombre de minutes et secondes restantes (P7.a), et qui est affichée à côté de l'activité en cours (P10.a). Une fois ces propriétés formalisées, les concepteurs qui utilisent ce *framework* pourront réaliser l'étendue des variations possibles :

- Concernant l'information (C2), au lieu de représenter la réussite de façon binaire (P4.a), on peut créer un score (P4.b, P4.c). Ce score peut ensuite être facilement comparé à celui des autres joueurs (P5.b), ou aux scores précédents de l'utilisateur (P5.c).
- Concernant le fonctionnement (C3), au lieu de considérer simplement le cas de la réussite ou de l'échec (P6.a), le score de l'utilisateur pourra augmenter de façon variable en prenant en compte le nombre de secondes restantes (P6.d). La plupart des opérations peuvent également s'appliquer. On peut imaginer qu'un score minimal soit nécessaire sur le niveau n pour pouvoir jouer contre la montre au niveau $n+1$ (P6.f), ou que terminer avec de nombreuses secondes restantes permette d'acheter un bonus de temps sur le niveau suivant (P6.g).
- Concernant la représentation (C4) elle peut aussi varier bien au-delà de l'affichage d'un nombre de secondes qu'on décrémente (P7.a). Les concepteurs peuvent par exemple adopter une représentation plus schématique et penseront à une barre de temps qui diminue (P7.b) ou un sablier qui s'écoule (P7.f), ou encore à l'animation d'un bateau qui coule et ne doit pas disparaître sous l'eau avant la fin du niveau (P7.f).

Comme montré dans la section 3.2.2.3, la plupart de ces changements ne sont pas anodins puisqu'ils auront une incidence sur les dynamiques de jeu émergeantes. La description de chaque propriété permet aux concepteurs d'anticiper leur impact.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

3.2.3.3 Conclusion

Nous avons proposé dans la partie 3.2 un nouveau *framework* décrivant ce qu'est une Fonctionnalité Épiphyte Ludique (FEL). Ce *framework* décompose ce qui constitue fondamentalement une fonctionnalité ludique, jusqu'à un niveau plus fin que celui de la mécanique de jeu. Ces éléments sont résumés sur la figure 23. Dans ce *framework* nous avons présenté six règles de définition (R1-R6) basées essentiellement sur le concept d'épiphyte, quatre caractéristiques structurantes (C1-C4) qui décrivent l'implantation de la fonctionnalité et onze propriétés (P1-P11) qui déterminent les dynamiques émergeantes de la fonctionnalité. Nous avons également montré les interdépendances entre ces éléments.

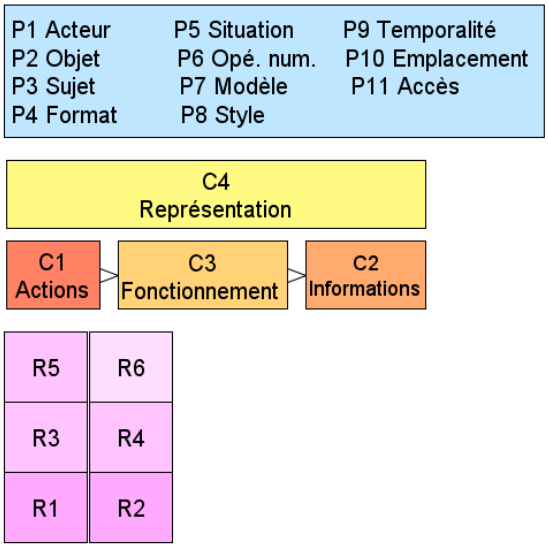


Figure 23 Vue globale détaillée d'une Fonctionnalité Épiphyte Ludique (FEL)

Ce formalisme n'entend pas intégrer exhaustivement toutes les possibilités de créations de fonctionnalités ludiques. À l'image du domaine du jeu dont elle est issue, la ludification est un domaine faisant appel à la créativité de ses concepteurs, pour laquelle on ne peut pas formaliser de limites dans l'absolu. Pour autant, ce *framework* permet de représenter une large majorité des éléments de ludification existants et ainsi de mieux comprendre l'essence des fonctionnalités de ludification.

Nous avons également montré comment ce *framework* favorise la créativité lors de l'élaboration de nouvelles fonctionnalités. Cependant, il n'est pas suffisant pour ces concepteurs non familiers de la ludification. Nous proposons alors dans la partie 3.4 un guide de conception de fonctionnalités ludiques basé sur ce *framework*.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

3.3 Modèle et processus d'adaptation

Nous présentons dans cette partie les modèles et algorithmes proposés pour adapter les fonctionnalités ludiques aux profils de joueurs.

3.3.1 Modèle pour l'adaptation

Pour sélectionner des fonctionnalités ludiques adaptées à l'utilisateur, nous proposons un modèle d'adaptation inspiré du modèle de la Q-matrice que nous présentons ci-après.

3.3.1.1 De la Q-matrice à la A-matrice

Afin de sélectionner pour l'apprenant les fonctionnalités qui lui sont les plus adaptées, le modèle doit permettre de prédire quelles fonctionnalités conviendront à un utilisateur. Si nous avons *u* apprenants et *f* fonctionnalités, ce résultat peut être représenté sous la forme d'une matrice *u* x *f* dans laquelle chaque valeur représente l'appréciation de l'utilisateur pour la fonctionnalité associée. Une représentation similaire est utilisée dans le modèle de la Q-matrice dans le contexte de l'adaptation pédagogique (Tatsuoka, 1983), comme représenté sur la figure 24.

$$\mathbf{R} = \begin{array}{c|ccc} & \multicolumn{3}{c}{\text{examinee}} \\ & e_1 & e_2 & e_3 \\ \hline \text{items}\ i_1 & 0 & 0 & 1 \\ i_2 & 0 & 1 & 1 \\ i_3 & 1 & 0 & 0 \\ i_4 & 0 & 0 & 0 \end{array} \qquad \mathbf{Q} = \begin{array}{c|ccc} & \multicolumn{3}{c}{\text{skills}} \\ & s_1 & s_2 & s_3 \\ \hline \text{items}\ i_1 & 0 & 1 & 1 \\ i_2 & 0 & 0 & 1 \\ i_3 & 1 & 0 & 0 \\ i_4 & 1 & 0 & 1 \end{array} \qquad \mathbf{S} = \begin{array}{c|ccc} & \multicolumn{3}{c}{\text{examinee}} \\ & e_1 & e_2 & e_3 \\ \hline \text{skills}\ s_1 & 1 & 0 & 0 \\ s_2 & 0 & 0 & 1 \\ s_3 & 0 & 1 & 1 \end{array}$$

Figure 24 Représentation du modèle de la Q-matrice, dans (Desmarais *et al.*, 2012a)

Ce modèle est utilisé de différentes manières dans les EIAH. Certains chercheurs proposent de partir des réponses de l'apprenant sur les items pour en déduire leurs compétences (VanLehn *at al.*, 1998), d'autres l'utilisent au contraire pour prédire les réponses des apprenants (Thai-Nghe et al. 2011). Nous proposons de l'utiliser d'une part pour prédire le profil de joueur de l'apprenant à partir de ses interactions, et d'autre part pour sélectionner les fonctionnalités les plus adaptées aux apprenants d'après leur profil de joueur.

Il existe plusieurs versions du modèle de la Q-matrice. Au-delà des modèles binaires DINA, DINO, NIDA et NIDO décrits dans (Desmarais et Baker, 2012b), il existe deux versions continues présentées par Ayers (2009), appelées *sum-scores* et *capability matrix*. Ces deux modèles présentent l'avantage de considérer l'impact de chaque compétence (de chaque type de joueur) en juste proportion sur la probabilité de réussite à un item (sur la pertinence de chaque fonctionnalité). Le modèle *capability matrix* pondérerait le score de pertinence des fonctionnalités par leur succès global sur les différents types de joueurs, cela servirait alors à rééquilibrer les scores des

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

fonctionnalités entre elles. Cette propriété est intéressante mais ne correspond pas à la réalité. En effet il est possible qu'une fonctionnalité F1 corresponde à un plus grand nombre de types de joueurs qu'une fonctionnalité F2, et il n'y a pas de raison valable pour que le modèle empêche F1 d'avoir un score de pertinence souvent meilleur que celui de F2. Nous choisissons donc de baser le système d'adaptation ludique sur le modèle *sum-scores*.

Quand nous transposons ce modèle au contexte de la ludification, les fonctionnalités ludiques prennent alors la place des items, et les types de joueurs prennent la place des compétences. Nous appelons **A** la matrice qui associe les composants du profil de joueur aux fonctionnalités ludiques. L'utilisateur a donc un ensemble de valeurs représentant son profil de joueur (matrice **B**), et celui-ci détermine si les fonctionnalités ludiques lui sont adaptées (matrice **R**). En résumé, le résultat **R** ne dépend plus de Q et S, mais de **A** et **B**. Dans le modèle de la Q-matrice basée sur *sum-scores*, l'association entre apprenants et items est le résultat de la multiplication de deux matrices, une associant les items et compétences (la Q-matrice) et une associant les compétences aux utilisateurs : R = Q S. Notre modèle d'adaptation se présente alors sous la forme suivante :

$$\mathbf{R} = \mathbf{A}\ \mathbf{B}$$

Afin de prendre en compte le contexte de la ludification adaptative, nous avons apporté certaines modifications au modèle original de la Q-matrice. Tout d'abord les valeurs utilisées dans le modèle ne sont pas binaires mais continues, afin de mieux exprimer les nuances dans la pertinence des fonctionnalités pour un individu. Pour autant, les valeurs de chaque matrice appartiennent à des intervalles fixes. Les valeurs de la matrice **B** sont issues de la typologie de joueur choisie (par exemple dans l'intervalle [0 ; 100] pour la typologie de Bartle, ou [-10 ; 20] pour la typologie BrainHex). Afin que la matrice **R** contienne des valeurs dans le même ordre de grandeur que **B**, nous limitons les valeurs de la A-matrice à l'intervalle [0 ; 1].

3.3.1.2 Exemple d'application de la A-matrice

Dans nos travaux de thèse, nous nous sommes basés sur la typologie BrainHex qui associe chaque type de joueur à une valeur pouvant aller de -10 à 20. Dans l'exemple représenté sur la figure 25, les valeurs de B sont donc dans l'intervalle [-10 ; 20]. Cet exemple comporte 4 utilisateurs (u1 à u4), 3 fonctionnalités (f1 à f3) et un modèle de joueur à deux composantes : t1 = compétition (C) et t2 = social (S). Nous considérons dans cet exemple que la typologie de joueur n'a que deux composantes par souci de simplification.

	u1	u2	u3	u4			C	S			u1	u2	u3	u4
f1	10	00	06	-8		**f1**	1	0		**C**	10	00	06	-8
f2	01	06	03	03	=	**f2**	0	½	**x**	**S**	02	12	06	06
f3	07	12	09	02		**f3**	½	1						

Figure 25 Un exemple d'application du modèle de joueur R = A x B

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Dans cet exemple, la matrice A révèle le fait que la première fonctionnalité (f1) est axée intégralement sur la compétition, la deuxième (f2) s'appuie sur des mécaniques de jeu plus sociales, et la troisième (f3) repose sur un peu de compétition et beaucoup de relations sociales.

En connaissant les sensibilités des utilisateurs aux différentes mécaniques de jeu (**B**), une simple multiplication des matrices **A** et **B** permet d'obtenir le degré de correspondance entre les utilisateurs et les fonctionnalités (**R**). Le premier utilisateur (u1) est sensible avant tout à la compétition. En conséquence, c'est la fonctionnalité f1 qui lui convient le mieux (suivie de la fonctionnalité f3). Le deuxième utilisateur (u2) est sensible avant tout aux interactions sociales, c'est donc la fonctionnalité la plus sociale (f3) qui lui convient le mieux. Le troisième utilisateur (u3) est sensible à la dimension compétitive autant qu'à la dimension sociale, c'est donc la fonctionnalité f3 qui lui convient le mieux, celle-ci ayant le plus gros score combiné. Enfin le dernier utilisateur n'apprécie pas du tout la compétition, c'est alors la fonctionnalité la moins compétitive qui lui conviendra le mieux : f2.

3.3.2 Initialisation du modèle

Afin d'enclencher le processus d'adaptation, il faut préalablement initialiser le modèle de joueur (état initial de la matrice B) et construire la A-matrice.

3.3.2.1 Initialiser le profil de joueur

Le profil de joueur doit être (1) initialisé et (2) mis à jour en fonction de l'usage du système (Kobsa *et al.*, 2001). Nous proposons deux méthodes pour initialiser le profil de joueur contenu dans la matrice B.

(1) Questionnaire complet. Le moyen le plus simple d'obtenir le profil de joueur d'un apprenant est l'utilisation d'un questionnaire. Il existe un questionnaire correspondant à la classification BrainHex qui comporte 28 items. Les résultats du questionnaire construisent un profil de joueur à sept valeurs (une pour chaque type de joueur) dans un intervalle de -10 à 20 : -10 signifie que les dynamiques associées à ce type de joueur peuvent avoir un impact négatif sur l'utilisateur, 0 signifie qu'elles n'auront pas d'impact, et 20 signifie qu'elles auront un impact positif fort. Cependant, nous ne pouvons pas toujours attendre des utilisateurs qu'ils répondent intégralement à un questionnaire de personnalité avant une activité de e-learning. Pour cela nous proposons une alternative.

(2) Questionnaire réduit. Le questionnaire BrainHex comporte quatre items associés directement à chacun des sept types de joueurs. Sur un ensemble de 338 réponses complètes au questionnaire BrainHex, nous avons utilisé la régression linéaire pour prédire le score de chaque type de joueur à partir de la réponse à un seul item au lieu de quatre. Nous avons comparé une attribution des fonctionnalités avec le profil BrainHex obtenu par questionnaire complet (28 items) et celui obtenu par prédiction à partir du questionnaire réduit (7 items) suivant l'algorithme de sélection

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

des fonctionnalités présenté dans la section 3.4.3.1. Dans 4% des cas, les deux meilleures fonctionnalités attribuées étaient différentes. Dans 30% des cas, une des deux meilleures fonctionnalités attribuées était différente. Dans 66% des cas, les deux meilleures fonctionnalités attribuées étaient identiques. Le questionnaire réduit à 7 items est donc une alternative acceptable au questionnaire complet à 28 items.

3.3.2.2 Initialiser la A-matrice

Nous avons étudié deux méthodes pour initialiser la A-matrice qui servira à l'adaptation des fonctionnalités.

La première méthode s'appuie sur l'avis d'experts dans le domaine des jeux ou de la ludification. Ceux-ci doivent prendre connaissance de la typologie de joueur utilisée et tester les diverses fonctionnalités afin de donner une valeur de correspondance entre chaque fonctionnalité et chaque type de joueur. Le concepteur des fonctionnalités est conscient des mécaniques qu'il a voulu créer, mais peut ne pas voir certaines mécaniques émergeantes. L'intervention des experts permet d'apporter un regard extérieur sur les mécaniques mises en œuvre par chaque fonctionnalité.

La seconde méthode proposée est plus empirique. Il s'agit de construire la A-matrice à partir de la technique des moindres carrés. Cette méthode de calcul repose sur le fait que si $R = A\,B$, alors $A = R\,B^T\,(B\,B^T)^{-1}$, où B^T est la matrice transposée de B. Elle a été utilisée pour estimer une Q-matrice dans (Desmarais et Naceur, 2013). Pour l'appliquer nous avons besoin de connaître les matrices B et R pour un grand nombre de joueurs. La matrice B peut être obtenue grâce au questionnaire de type de joueur que remplissent les utilisateurs. La matrice R représente la correspondance entre les fonctionnalités et les joueurs. Pour l'obtenir, les joueurs doivent utiliser utilisent l'environnement d'apprentissage avec les fonctionnalités. Il faut ensuite choisir une variable observable exprimant le fait que les fonctionnalités correspondent ou non au joueur (ex. le temps passé sur l'environnement d'apprentissage, une évaluation des fonctionnalités faite par les joueurs, ...).

Nous avons utilisé ces deux méthodes dans une expérimentation présentée dans la partie 4.3. La méthode basée sur les experts s'est révélée efficace dans l'expérimentation présentée dans la partie 4.4.

3.3.3 Cycle d'adaptation

3.3.3.1 Adaptation d'après le profil de joueur

Avant d'introduire une nouvelle fonctionnalité pour l'utilisateur, le système sélectionne la plus pertinente pour celui-ci d'après son profil de joueur. Dans cette section nous considérons les notations suivantes :

- *min* et *max* sont les valeurs minimales et maximales d'une valeur du profil de joueur (par exemple -10 et 20 pour BrainHex),
- *nbTypes* est le nombre de types de joueurs dans le modèle de joueur utilisé,
- *nbFels* est le nombre de FEL du système.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Incompatibilités entre FEL

Certaines fonctionnalités peuvent être déclarées comme étant incompatibles entre-elles. Il est préférable de ne pas activer deux fonctionnalités en même temps quand elles partagent trop de propriétés. Par exemple, si deux fonctionnalités apportent des informations sur le même sujet (P3) et dans le même format (P4), alors cela apporte peu qu'elles soient activées en même temps, même si leurs autres propriétés sont différentes. Le nombre de propriétés en commun qui peuvent être tolérées n'est pas fixe. Il appartient au concepteur des fonctionnalités de juger si deux fonctionnalités peuvent être actives en même temps dans l'environnement de façon pertinente, ou si elles doivent être considérées comme incompatibles.

L'emplacement des fonctionnalités peut aussi poser problème. Si l'emplacement idéal de deux fonctionnalités dans l'interface est le même, alors elles peuvent être déclarées comme incompatibles, ou alternativement il est parfois possible de concevoir les fonctionnalités comme des éléments déplaçables.

Algorithme de sélection des FEL

L'algorithme qui calcule les scores d'adaptation de chaque fonctionnalité utilise les trois paramètres suivants :

- P, le profil de joueur actuel, dans l'ensemble $[min\ ;\ max]^{nbTypes}$,
- A, la A-matrice, dans l'ensemble $[0\ ;\ 1]^{nbTypes\ nbFels}$,
- *incomp*, la liste des incompatibilités entre fonctionnalités.

Le calcul du score de pertinence de chaque fonctionnalité ($\forall\ f \in [1\ ;\ nbFels]$) se fait par l'appel de la méthode score(entier *f*), dont l'algorithme est représenté sur la figure 26.

```
Booléen incompatibilités(entier f)
   Pour idFel allant de 1 à nbFels,
      Si( (estActive(f)) ET (sontIncompatibles(f, idFel)) )
         Retourner VRAI
      FinSi
   FinPour
   Retourner FAUX
Fin
```


Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

```
Entier score(entier f)
   Si estActive(f), alors
      Retourner 0
   Sinon Si incompatibilités(f), alors
      Retourner 0
   Sinon, alors
      entier score = 0
      Pour t allant de 1 à nbTypes,
         score += A[t, f] * P[t]
      FinPour
      Retourner score
   FinSi
Fin
```

Figure 26 Algorithme du calcul de score d'adaptation d'une FEL

La méthode **estActive** prend en paramètre l'identifiant d'une FEL. Elle retourne VREI si celle-ci est actuellement active, ou FAUX sinon.
La méthode **sontIncompatibles** prend en paramètres la liste des incompatibilités et les identifiants de deux FEL. Elle retourne VRAI si les FEL sont incompatibles, ou FAUX sinon.

Équation de sélection des FEL

Lorsque la fonctionnalité évaluée n'est pas déjà active ou incompatible avec une fonctionnalité active, alors son score est donné par l'équation (1), qui représente le produit du profil de joueur par les valeurs de la A-matrice pour la fonctionnalité.

$$\text{Eq (1).} \qquad \text{score}(f) = \sum_{t=1}^{nbTypes} (A_{tf} \,.\, P_t)$$

Une fois calculés, ces scores peuvent être utilisés pour faire une recommandation de fonctionnalité à l'utilisateur, ou pour ajouter directement une fonctionnalité dans son environnement. Différentes options sont possibles concernant le moment où les fonctionnalités interviennent. Elles peuvent être activées à intervalles réguliers, ou comme récompense après que l'utilisateur a atteint un certain niveau de progression. Enfin, si le système est capable de détecter quand l'utilisateur est sur le point de décrocher (Beck, 2005, Bouvier *et al.*, 2014b), alors ce moment peut être choisi pour introduire une nouvelle fonctionnalité.

3.3.3.2 Mise à jour dynamique du profil de joueur

Il est possible que le profil initial d'un utilisateur ait été mal estimé. Il se peut également que le profil d'un joueur évolue au cours du temps. Pour ces raisons, nous proposons un système d'évolution dynamique du profil de joueur d'après son comportement face aux fonctionnalités ludiques.

Pour ajuster le profil, nous utilisons ici deux interactions simples de l'utilisateur avec les fonctionnalités. « USE » signifie que l'utilisateur a interagi d'une

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

quelconque manière avec la représentation de la fonctionnalité sur son interface. « OFF » signifie que l'utilisateur a désactivé la fonctionnalité.

Algorithme de mise à jour du profil

Le profil de joueur peut être mis à jour chaque fois que l'utilisateur interagit avec une FEL. L'algorithme qui met à jour les valeurs du profil travaille avec les six paramètres suivants :

- P, le profil de joueur actuel, dans l'ensemble $[min\ ;\ max]^{nbTypes}$,
- A, la A-matrice, dans l'ensemble $[0\ ;\ 1]^{nbTypes\ nbFels}$,
- *inter*, le type d'interaction avec la FEL (« USE » ou « OFF »),
- f, l'identifiant de la FEL avec laquelle l'utilisateur a interagi,
- S_{use}, coefficient d'augmentation du profil dans l'intervalle [0 ; 1],
- S_{off}, coefficient de diminution du profil dans l'intervalle [0 ; 1].

Le calcul des nouvelles valeurs du profil ($\forall\ t \in [1\ ;\ nbTypes]$) se fait par l'appel de la méthode updateProfil(interaction *inter*, entier *f*), dont l'algorithme est représenté sur la figure 27.

```
updateProfil(interaction inter, entier f)
   Si inter = "USE", alors
      Pour t allant de 1 à nbTypes,
         Entier ajout = (max – P[t]) * A[t, f] * Suse
         P[t] += ajout
      FinPour
   Sinon Si inter = "OFF", alors
      Pour t allant de 1 à nbTypes,
         Entier retrait = (P[t] – min) * A[t, f] * Soff
         P[t] –= retrait
      FinPour
   FinSi
Fin
```

Figure 27 Algorithme de la mise à jour du profil de joueur suite à une interaction avec une FEL

Équations de mise à jour du profil

Le calcul des nouvelles valeurs du profil peut être représenté de la façon suivante : si l'action sur la fonctionnalité f est « USE », chaque valeur du profil de joueur augmente en suivant l'équation (2), si l'action sur la fonctionnalité f est « OFF », chaque valeur du profil de joueur diminue en suivant l'équation (3).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Eq (2). $P_t = P_t + (max - P_t) \,.\, A_{tf} \,.\, s_{use}$

Eq (3). $P_t = P_t - (P_t - min) \,.\, A_{tf} \,.\, s_{off}$

Après une interaction avec la fonctionnalité *f*, chaque valeur du profil de joueur se voir ajouter (ou enlever) le produit de trois facteurs.

1. Le premier facteur représente la distance entre la valeur actuelle du profil et la valeur maximale (ou minimale) qu'il peut atteindre. Ce coefficient garantit que la valeur du profil restera sous la borne *max* (ou au-dessus de la borne *min*) pendant les variations.
2. Le deuxième facteur, A_{tf}, représente la valeur de la A-matrice qui associe le type de joueur *t* à a fonctionnalité *f*, en l'occurrence celle avec laquelle l'utilisateur a interagit. Prenons par exemple le cas d'un tableau de scores qui est fortement associé au profil *conqueror* ($A_{\text{conqueror tableau}} = 1$) mais pas du tout associé au type *seeker* ($A_{\text{seeker tableau}} = 0$). Alors si l'utilisateur désactive le tableau de scores, l'élément *conqueror* de son profil diminuera fortement, mais l'élément *seeker* de son profil restera inchangé.
3. Le troisième facteur, s_{use} (ou s_{off}) est un coefficient dans [0 ; 1] qui pondère la variation de la valeur. Avec une force proche de 0, les valeurs t_n ne changeront presque pas. Avec une force proche de 1, les valeurs du profil se rapprocheront plus rapidement de la valeur maximale (ou minimale). Nous recommandons une valeur faible pour les actions fréquentes, et une valeur forte pour des actions moins fréquentes, comme par exemple la fermeture d'une fonctionnalité.

3.4 Guide de conception

Nous avons élaboré un guide de conception de Fonctionnalités Épiphytes Ludiques pour les environnements d'apprentissage. Ce guide est disponible intégralement en annexe IV. Il est décomposé en cinq parties :

- A/ Introduction à la ludification
- B/ Règles de définition des fonctionnalités épiphytes
- C/ Caractéristiques et propriétés des FEL
- D/ Introduction aux types de joueurs
- E/ Processus de conception d'une fonctionnalité

Dans cette partie de la thèse nous introduisons ces différentes parties du guide en expliquant comment elles ont été construites. Nous désignons par *concepteur* les personnes qui utilisent le guide de conception, et nous désignons par *utilisateur* les personnes qui utilisent l'environnement d'apprentissage ludifié grâce au guide.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

3.4.1 Élaboration du guide

Comme nous l'avons vu dans la partie 2.1.5, les outils de conception de systèmes ludifiés sont nombreux dans la littérature. De nombreux auteurs présentent leur vision de la ludification comme un *framewowrk* qui se veut utile à des concepteurs de systèmes ludifiés.

Notre objectif est de créer un guide de ludification avec les spécificités suivantes :

- la prise en compte des types de joueurs dès la conception,
- des fonctionnalités épiphytes pour l'adaptation ou l'intégration à un environnement existant,
- un formalisme détaillé qui permet aux concepteurs –même débutants- de créer une grande diversité de fonctionnalités.

La proposition actuelle du guide est le résultat d'un processus en plusieurs étapes. (1) Nous avons d'abord développé un premier *framework* de fonctionnalité ludique basé sur l'étude d'exemples de fonctionnalités existantes. (2) Ce premier *framework* a servi de base à l'élaboration d'un premier guide de ludification, dans la lignée de ceux présentés en section 2.1.5. Ce guide présente la structure des fonctionnalités et propose un protocole pour les concevoir. Il est disponible en annexe II. (3) Le guide a été utilisé par une équipe de chercheurs[3] travaillant sur la conception d'une activité pédagogique de création d'une *startup*, et souhaitant ludifier cette activité. (4) Les concepteurs de l'activité ont pris connaissance du guide et l'ont utilisé pour imaginer plusieurs fonctionnalités ludiques pendant une réunion d'une heure. Nous avons observé cette réunion puis réalisé un entretien afin d'évaluer le guide suite à son utilisation. Les notes d'observation de la réunion et les notes d'entretien sont disponibles dans l'annexe III. (5) Enfin, la deuxième version du guide de ludification a été élaborée à partir de la deuxième version du *framework* de FEL (cf. partie 3.2) et sur la base des retours d'expérience sur l'utilisation de la première version du guide (annexe III).

3.4.2 Usages du guide et règles de définition

Dans la première partie du guide (A), nous définissons la ludification en la distinguant explicitement du jeu sérieux, et expliquons au concepteur que le guide de ludification fournit des outils spécifiques à la ludification structurelle.

Nous introduisons ensuite dans la deuxième partie du guide (B) le concept de fonctionnalité épiphyte, basé sur le *framework* de FEL présenté dans la partie 3.2 de la thèse. La prise en compte des types de joueurs dans la conception peut avoir deux usages :

[3] deux maîtres de conférence, une doctorante et un stagiaire

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

(cas 1) *Concevoir des fonctionnalités épiphytes ludiques pour un système fonctionnant avec un moteur d'adaptation ludique*. Dans ce cas, il faut d'une part veiller à ce que les fonctionnalités fassent émerger des dynamiques de jeu correspondent à l'ensemble des types de joueur, et, d'autre part, s'assurer que chaque fonctionnalité fasse émerger des dynamiques de jeu différentes des autres fonctionnalités.

(cas 2) *Concevoir des fonctionnalités ludiques pour un système non adaptatif*. Dans ce cas, il faut veiller à ce que les fonctionnalités fassent émerger des dynamiques de jeu correspondant à l'ensemble des types de joueur.

Nous montrons dans cette thèse qu'une ludification adaptée au profil de l'utilisateur apporte un avantage conséquent pour l'apprentissage (cf. partie 4.4). Cependant, il n'en reste pas moins vrai qu'un système de ludification non adapté mais bien conçu peut avoir déjà un effet positif important sur la motivation de l'utilisateur (cf. section 2.1.3). C'est pourquoi, d'une part, nous recommandons la conception de systèmes adaptatifs (cas 1), mais d'autre part, nous souhaitons ouvrir l'utilisation de ce guide à des concepteurs souhaitant créer un système de ludification plus simple mais nécessitant moins d'efforts pour la conception (cas 2).

Dans le premier cas d'usage (cas 1) les concepteurs utilisant le guide de conception devront respecter l'intégralité des règles de définition des FEL (R1 à R6). En revanche, la règle R6 est utile seulement dans le cas où le système de ludification est adaptatif. C'est pourquoi la règle R6 est optionnelle et ne s'applique pas dans le second cas d'usage (cas 2), pour lequel les concepteurs auront à respecter seulement les règles R1 à R5.

Dans le second cas d'usage (cas 2), les fonctionnalités doivent être peu nombreuses car elles sont toutes destinées à être actives en même temps. En revanche, elles doivent implanter chacune des mécaniques diverses pour que le système couvre l'ensemble des types de joueurs. Dans le premier cas d'usage (cas 1), les fonctionnalités peuvent être plus nombreuses car le système d'adaptation n'activera qu'un petit nombre d'entre-elles pour chaque utilisateur.

3.4.3 Outils pour la conception de fonctionnalités ludiques

Nous avons élaboré un ensemble d'outils permettant au concepteur de spécifier les caractéristiques et propriétés des fonctionnalités qu'il conçoit. Ces outils appartiennent à la troisième partie du guide (C).

Cartes de propriétés

Nous avons créé une carte imagée pour chaque propriété (cf. figure 28). La propriété y est présentée sous la forme d'une question, dont les réponses constituent la liste des valeurs possibles pour chaque propriété. Les valeurs doivent être choisies selon l'objectif, le contexte et la dynamique de jeu visée.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

P1 Acteur

Qui fait les actions prises en compte par la fonctionnalité ?

- ☐ Apprenant
- ☐ Autres apprenants
- ☐ Enseignant

P2 Objet

Quel est l'objet de ces actions ?

- ☐ L'environnement d'apprentissage
- ☐ La fonctionnalité ludique

P3 Sujet de l'information

Sur quoi portent les informations ?

- ☐ La qualité et l'avance ment dans l'activité (modèle d'apprenant)
  - ○ Pour toute l'activité
  - ○ Pour une partie de l'activité (niveau, exercice, etc.)
- ☐ Régularité dans l'activité d'apprentissage
- ☐ La vitesse d'exécution
- ☐ Contribution
- ☐ Les contenus pédagogiques (savoir scientifique, anecdote, aide)
- ☐ Usages et applications des savoir

P4 Format des informations

Sous quel format est délivrée l'information ?

- ○ Valeur binaire
- ○ **11/20** Score à échelle fermée
- ○ **178+** Score à échelle ouverte
- ○ Autre (Texte, vidéo, etc.)

P5 Situation des informations

Comment sont situées les informations ?

- ☐ Présentée de manière isolée
- ☐ Comparé aux autres
  - ○ De façon relative
  - ○ De façon absolue
- ☐ Comparé aux performances précédentes
- ☐ Valeur pour un groupe
- ☐ Valeur valable pour une période temporelle restreinte

P6 Opérations numériques

Quelles opérations conditionnent l'information ?

- ☐ Action = récompense
- ☐ Hasard
- ☐ Checkpoint, paliers
- ☐ Bonus, combos
- ☐ Risque de perte
- ☐ Ressources accessibles sous condition
- ☐ Monnaie virtuelle
- ☐ ooo Autre

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

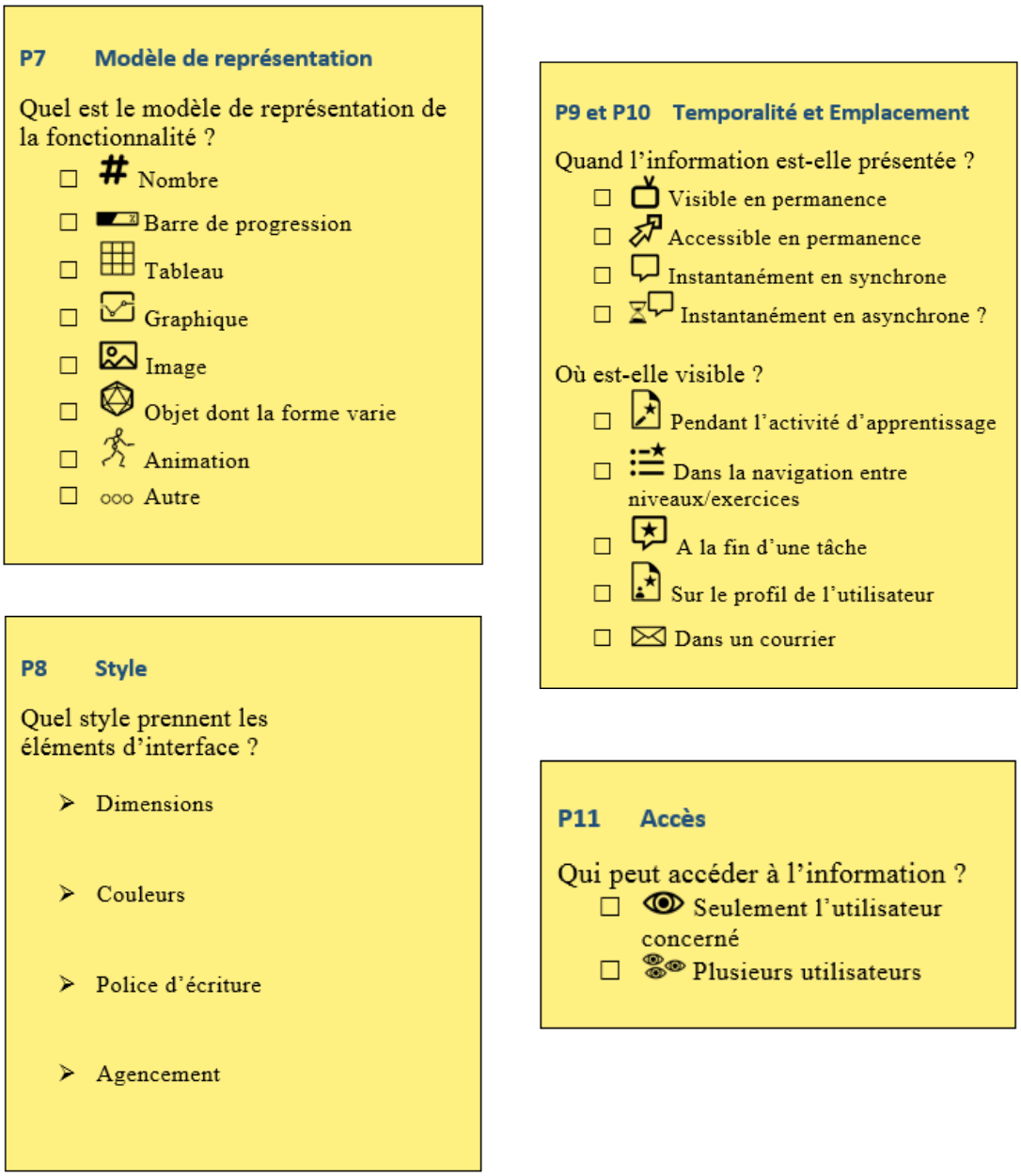


Figure 28 Cartes de propriétés des FEL

Fiche de spécifications

Le second outil proposé est une fiche centrée sur les caractéristiques structurantes de la FEL. Les éléments présentés sur cette fiche sont suffisamment précis pour qu'elle soit utilisée comme fiche de spécifications sur laquelle s'appuient les développeurs qui implantent la fonctionnalité. Cette fiche se trouve également dans la partie C du guide de conception (cf. annexe IV).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Résumé des propriétés

Nous proposons ensuite deux outils dans le but d'aider les concepteurs à favoriser la diversité des dynamiques de jeu mises en œuvre au sein de l'ensemble des fonctionnalités conçues. Le premier est une carte résumant l'ensemble des propriétés (figure 29). Les concepteurs peuvent cocher une des options lorsqu'ils la sélectionnent pour une fonctionnalité. Ensuite, ils peuvent sélectionner en priorité les fonctionnalités qui n'ont pas encore été cochées pour la conception des autres fonctionnalités, favorisant ainsi la diversité des mécaniques de jeu.

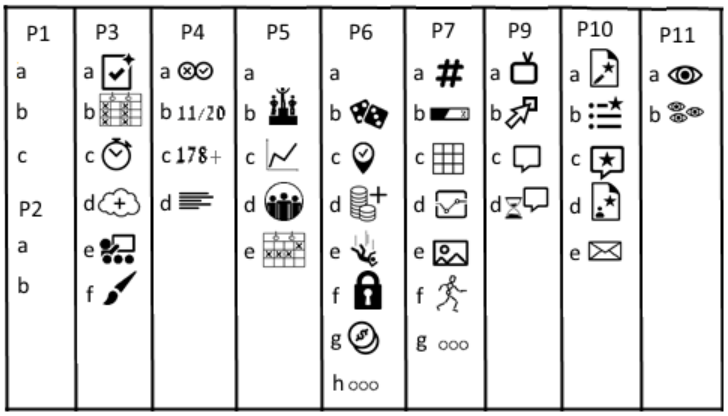


Figure 29 Résumé des propriétés des FEL

Tableau propriétés-joueur

Les différentes caractéristiques et propriétés d'une fonctionnalité ludique peuvent toutes avoir une incidence sur les dynamiques de jeu qui lui sont associées, et par conséquent aux types de joueurs concernés. Afin d'aider les concepteurs à prendre en compte les types de joueurs pendant qu'ils élaborent les fonctionnalités, nous proposons un tableau qui propose un rapprochement entre les types de joueurs de la classification BrainHex aux propriétés des FEL. Il est présenté dans la partie (D) du guide.

Nous précisions que ce tableau formalise des liens entre types de joueur et mécaniques qui sont généralement admis dans la littérature mais n'ont pas été validés scientifiquement. Il peut guider les concepteurs dans leurs choix de propriétés, mais n'a pas vocation à remplacer la A-matrice pour le processus d'adaptation.

Du reste, le classement d'une propriété (dans le tableau propriétés-joueur) ne peut pas être fait avec la même précision que le classement d'une fonctionnalité (dans la A-matrice). Premièrement, la valeur d'une propriété déterminante ne peut pas être systématiquement associée à un type de joueur sans prendre en compte l'implantation précise de cet élément. Par exemple un bonus (P6.d) pourra intéresser un joueur de type *Mastermind,* il cherchera à reproduire le comportement gagnant jusqu'à comprendre la mécanique qui permet d'obtenir ce bonus, mais cela ne fonctionnera que si la manière d'obtenir ce bonus n'est pas évidente. Deuxièmement, il y

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

a des dynamiques de jeu qui n'émergent que de la combinaison de plusieurs éléments. Par exemple le fait de rendre visible aux autres joueurs (P11.b) son meilleur temps (P3.c) peut susciter la compétition, ce qui n'est pas toujours le cas si ces deux éléments sont pris de manière isolée.

3.4.4 Processus de conception d'une fonctionnalité ludique

La dernière partie du guide de conception de fonctionnalités ludiques (D) propose aux concepteurs une liste d'étapes pour les guider à travers un processus itératif reposant sur les outils présentés précédemment.

- **Étape 1 : propriétés fondamentales**
  Les concepteurs commencent par imaginer une fonctionnalité minimale à partir de trois propriétés fondamentales : le sujet (P3), la situation de l'information (P5) et les opérations numériques (P6).
- **Étape 2 : toutes les propriétés**
  Les concepteurs choisissent les valeurs pour l'ensemble des propriétés à l'aide des cartes de propriétés.
- **Étape 3 : spécification des caractéristiques**
  Spécifications détaillées de la fonctionnalité à l'aide de la fiche de spécifications basée sur les caractéristiques des FEL.
- **Étape 4 : Implantation**
  Implantation de la fonctionnalité dans l'EIAH cible.
- **Étape 5 : Évaluation**
  Évaluation avec des utilisateurs réels
- **Étape 6 : Reconception**
  Si besoin, amélioration la fonctionnalité en retournant à l'étape 2, 3 ou 4.

3.4.5 Discussion

Nous avons proposé dans cette partie une approche nouvelle de la conception de fonctionnalités ludiques. Elle se situe à la fois sur le plan micro avec des exemples concrets de mécaniques, et sur le plan macro avec de grandes étapes inspirées du guide de conception de Marache-Francisco et Brangier (2013).

Cette approche présente plusieurs spécificités par rapport aux approches et guides de conception existants. La première spécificité est l'aspect « épiphyte » des fonctionnalités, leur permettant d'être activées ou non indépendamment selon les utilisateurs. La deuxième spécificité est la décomposition des mécaniques de jeu en leurs propriétés fondamentales, permettant au concepteur de faire des choix de design en connaissance de l'ensemble des options. Par ailleurs, les valeurs des propriétés peuvent être associées de façon combinatoire, créant ainsi un très grand nombre de mécaniques. La troisième spécificité de ce guide est la prise en compte des types de joueurs dès la conception. Cela permet de créer des fonctionnalités pour un système de ludification adaptative (cas d'usage 1), ou plus simplement d'assurer la diversité des types de joueurs pris en compte (cas d'usage 2).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté nos contributions pour adapter les éléments de ludification au profil de joueur des apprenants. Nous avons présenté une architecture pour un système de ludification adaptative (partie 3.1). Elle repose sur la sélection de Fonctionnalités Épiphytes Ludiques (partie 3.2) correspondant au profil de l'utilisateur (partie 3.3). Nous avons aussi proposé un guide pour les concepteurs novices souhaitant faire de la ludification (partie 3.3).

Dans ce chapitre nous nous sommes concentrés sur l'adaptation des FEL, mais bien entendu l'adaptation pédagogique joue également un rôle important sur la motivation. En effet le moteur d'adaptation pédagogique est responsable de l'équilibre entre le niveau de difficulté des exercices et le niveau de compétences de l'utilisateur. Cet équilibre est une condition essentielle au maintien d'un bon niveau de motivation, voire pour atteindre l'état de *flow*. Ainsi le moteur d'adaptation pédagogique et le moteur d'adaptation ludique ont des rôles et fonctionnements distincts, mais sont tous deux importants pour la motivation de l'apprenant-joueur.

Considérer l'ensemble de ces contraintes pour la construction d'un système de ludification adaptatif est un travail conséquent. Cependant, ces contributions ont l'avantage de se rendre utiles indépendamment les unes des autres. Il est par exemple possible de faire l'adaptation initiale sans faire l'adaptation dynamique. On peut aussi utiliser la structure d'une Fonctionnalité Épiphyte Ludique et son processus de conception pour inspirer à la création de nouvelles fonctionnalités en assurant une certaine diversité des types de joueurs, sans pour autant que celles-ci ne soient utilisées de manière adaptive. Par ailleurs, la propriété « épiphyte » des FEL permet aux fonctionnalités ludiques d'être actives et désactivées indépendamment selon des utilisateurs, et cela peut avoir d'autres usages que l'adaptation aux profils des individus. L'administrateur d'un système pourra par exemple choisir quel sous-ensemble des fonctionnalités il souhaite activer pour un groupe d'utilisateurs donné en fonction de leur contexte d'usage.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

4 Évaluation : Implantation et expérimentations

4.1 Implantation 91
4.1.1 Description de l'environnement d'apprentissage 91
4.1.2 Les Fonctionnalités Épiphytes Ludiques 92
4.1.2.1 Étoiles 92
4.1.2.2 Tableau de scores 93
4.1.2.3 Astuces mnémotechniques 95
4.1.2.4 Randonneur 95
4.1.2.5 Chronomètre 96
4.1.2.6 Respect des règles 97
4.1.3 Architecture et adaptation 98

4.2 Expérimentation 1 : mise à l'essai 100
4.2.1 Conditions expérimentales 100
4.2.1.1 Objectif et hypothèses 100
4.2.1.2 Participants et matériel 100
4.2.1.3 Protocole 101
4.2.2 Résultats 102
4.2.2.1 Profils et préférences de fonctionnalités 102
4.2.2.2 Complexité d'usage (H1) 103
4.2.2.3 Profilage dynamique (H2) 103
4.2.2.4 Adaptation des fonctionnalités (H3) 104
4.2.3 Discussion 105

4.3 Expérimentation 2 : construction de la A-matrice 107
4.3.1 Conditions expérimentales 107
4.3.1.1 Objectif 107
4.3.1.2 Participants 107
4.3.1.3 Matériel 107
4.3.1.4 Protocole 108
4.3.2 Résultats 109
4.3.2.1 Corrélation avec le résultat R 109
4.3.2.2 Distance entre les prédictions de fonctionnalités 110
4.3.2.3 Accord entre les prédicteurs 110
4.3.3 Discussion 111

4.4 Expérimentation 3 : adaptation selon les profils de joueur 111
4.4.1 Conditions expérimentales 112
4.4.1.1 Objectif et hypothèses 112
4.4.1.2 Participants 112
4.4.1.3 Matériel 112
4.4.1.4 Protocole 113
4.4.2 Résultats 114
4.4.2.1 Durée d'utilisation de l'environnement 114
4.4.2.2 Motivation des participants 115
4.4.2.3 Appréciation des fonctionnalités 116
4.4.2.4 Impact de binômes de fonctionnalités 117
4.4.2.5 Traces d'interactions 118
4.4.3 Discussion 120
4.4.3.1 Impact de l'adaptation des fonctionnalités 120

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

4.4.3.2 Variations selon les fonctionnalités 121
4.4.3.3 Interactions et désactivations 122

4.5 Conclusion 123

Nous avons implanté le système de ludification adaptative au sein du Projet Voltaire, l'environnement d'apprentissage de l'orthographe développé par Woonoz. Cette implantation nous a permis de valider le modèle de Fonctionnalité Épiphyte Ludique (FEL) et de réaliser plusieurs expérimentations sur le modèle d'adaptation.

Nous avons procédé de manière itérative, en développant les modèles et fonctionnalités au fil des expérimentations, jusqu'à aboutir à la proposition décrite dans le chapitre précédent. La partie 4.1 présente en détail l'implantation du système dans sa dernière version.

La partie 4.2 présente notre première expérimentation, réalisée auprès d'un public de collégiens. L'objectif était d'évaluer les différents aspects du moteur d'adaptation. Les deux expérimentations suivantes se sont déroulées auprès d'un public adulte avec respectivement 67 et 266 participants. La partie 4.3 présente l'expérimentation 2, centrée sur l'élaboration de la A-matrice. La partie 4.4 présente ensuite l'expérimentation 3 qui reposait sur l'utilisation de la A-matrice pour évaluer le modèle d'adaptation. Cette dernière expérimentation nous a permis d'étudier en détails l'impact de l'adaptation sur la motivation des apprenants.

4.1 Implantation

Afin de valider les modèles proposés pour une ludification adaptative, nous les avons implantés dans un environnement d'apprentissage en ligne de l'entreprise Woonoz.

4.1.1 Description de l'environnement d'apprentissage

Le Projet Voltaire est un environnement en ligne d'apprentissage de l'orthographe française. Il repose sur un mode d'interaction simple : le système présente une phrase potentiellement fausse à l'utilisateur. Celui-ci doit cliquer sur la faute s'il en voit une, ou cliquer sur le bouton « il n'y a pas de faute » s'il n'en voit pas. Après avoir répondu, l'apprenant peut consulter la règle explicative (cf. figure 30).

Les phrases sont associées à des règles d'orthographe et de grammaire. Les règles sont regroupées au sein de niveaux. La sélection des phrases est déterminée par un moteur d'adaptation pédagogique modélisant les connaissances de l'apprenant.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

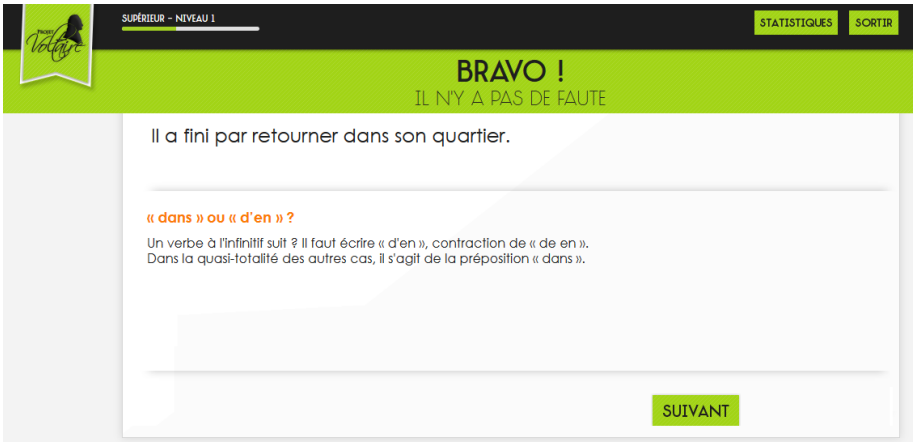


Figure 30 Capture d'écran du Projet Voltaire sans aucune fonctionnalité ludique active

4.1.2 Les Fonctionnalités Épiphytes Ludiques

Cinq fonctionnalités ludiques ont été implantées au sein du Projet Voltaire. Elles ont été conçues de façon à être toutes indépendantes et compatibles entre elles. Cela signifie que la liste des incompatibilités entre fonctionnalités est vide, car elles ont un minimum de propriétés en commun.

4.1.2.1 Étoiles

Dans le projet voltaire, les règles d'orthographe sont représentées par des étoiles qui s'allument quand la règle est considérée comme acquise. Cette fonctionnalité était déjà présente avant le projet de ludification adaptative. Nous l'avons modifiée pour qu'elle respecte les règles de définition des FEL. En tant que fonctionnalité épiphyte, les étoiles sont accompagnées d'une croix qui permet à l'utilisateur de les désactiver. L'utilisateur peut aussi passer son curseur sur une étoile allumée pour voir en combien de phrases il a acquis la règle, ceci générant une trace d'utilisation de la fonctionnalité. La figure 31 montre la représentation de cette fonctionnalité.

Figure 31 Capture d'écran des étoiles

Nous décrivons maintenant cette fonctionnalité à travers ses propriétés (cf. partie 3.2) et nous les résumons sur la figure 32 (cf. partie 3.4). Les étoiles mettent particulièrement en avant la progression de l'utilisateur dans les règles à acquérir (P3.a). Cette information est présentée à l'apprenant de manière isolée (P5.a) et n'est pas mise en compétition, car seul l'apprenant concerné voit combien d'étoiles il a acquises (P11.a). Lorsque l'apprenant est sur le point de valider l'acquisition d'une

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

règle d'orthographe/grammaire, l'étoile correspondante clignote. L'apprenant va alors valider la règle s'il répond juste, ou faire chuter sa progression s'il répond faux (P6.e). La représentation est faite sous la forme d'étoiles (P7.e) visibles en permanence (P9.a) pendant l'activité d'apprentissage (P10.a).

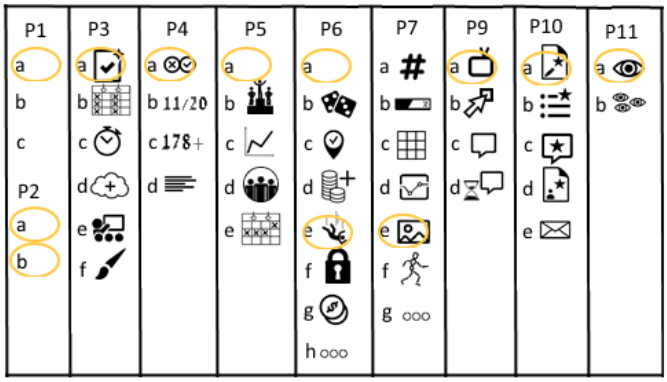


Figure 32 Résumé des propriétés des étoiles

4.1.2.2 Tableau de scores

Nous avons développé un tableau de scores afin d'introduire de la compétition dans le Projet Voltaire. Il est représenté sur la figure 33. Il représente la meilleure série de bonnes réponses réalisée par chaque apprenant. Ce tableau ne montre pas les scores les plus élevés car cela peut démotiver les utilisateurs dont les scores ne sont pas comparables. Nous avons choisi un classement relatif pour présenter à chaque utilisateur un objectif atteignable. Si l'utilisateur souhaite connaître son classement sur l'ensemble du groupe, il peut passer son curseur sur le tableau pour voir cette information dans une infobulle, ceci générant une trace d'utilisation de la fonctionnalité. Le tableau est aussi accompagné d'une croix permettant à l'utilisateur de le désactiver.

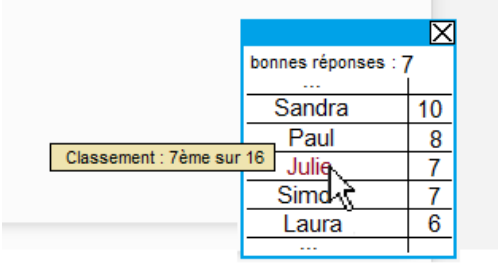


Figure 33 Capture d'écran du tableau de scores

Nous décrivons maintenant cette fonctionnalité à travers ses propriétés et nous les résumons sur la figure 34. Le tableau est centré sur les bonnes réponses de l'apprenant (P3.a). Le score que construit l'apprenant peut théoriquement être amélioré sans fin (P4.c). Il est comparé aux autres pour créer de la compétition (P5b). L'apprenant voit son score augmenter lorsqu'il répond juste, mais la valeur de sa série

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

de bonnes réponses en cours chute à zéro à chaque mauvaise réponse (P6.e). Les modèles de représentations utilisés sont le tableau (P7.3) et le score sous la forme d'un nombre (P7.a). Le tableau est visible en permanence (P9.a) pendant l'activité d'apprentissage (P10.a).

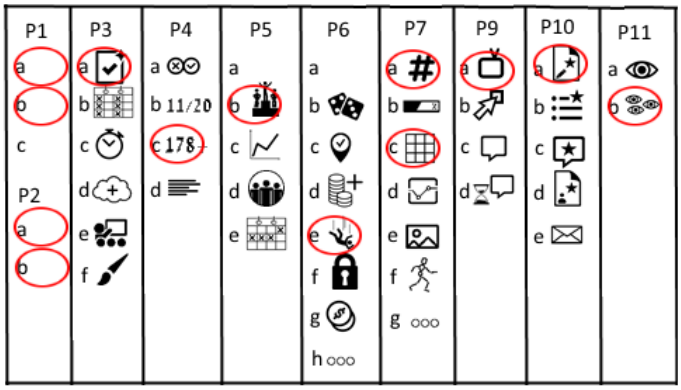


Figure 34 Résumé des propriétés du tableau de scores

4.1.2.3 Astuces mnémotechniques

Nous avons mis en place un système de partage d'astuces mnémotechniques afin d'introduire une dimension sociale dans le Projet Voltaire. Lorsque l'apprenant a répondu à une question, celui-ci peut cliquer sur un bouton en forme d'ampoule pour accéder aux astuces (cf. figure 35). Il peut alors choisir de sélectionner une astuce proposée par un autre utilisateur, ou de créer sa propre astuce, puis la partager aux autres apprenants. L'astuce sélectionnée s'affichera alors aux côtés de la règle d'orthographe chaque fois que celle-ci est présentée.

Figure 35 Capture d'écran des astuces

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Nous décrivons maintenant cette fonctionnalité à travers ses propriétés et nous les résumons sur la figure 36. Cette fonctionnalité apporte deux types d'informations. Premièrement, l'astuce contient des informations sur les contenus pédagogiques (P3.e). Deuxièmement, le système indique à l'apprenant combien d'autres utilisateurs ont sélectionné son astuce, lui donnant ainsi un retour sur la qualité de sa contribution (P3.d). Le nombre de personnes utilisant l'astuce peut être vu comme un score à échelle ouverte (P4.c) comparé à celui des autres (P5.b). L'astuce est présentée sous forme de texte (P7.g) et le nombre d'utilisations sous la forme d'un nombre (P7.a). Ces informations sont accessibles quand l'utilisateur décide de les consulter (P9.b) pendant l'activité d'apprentissage (P10.a).

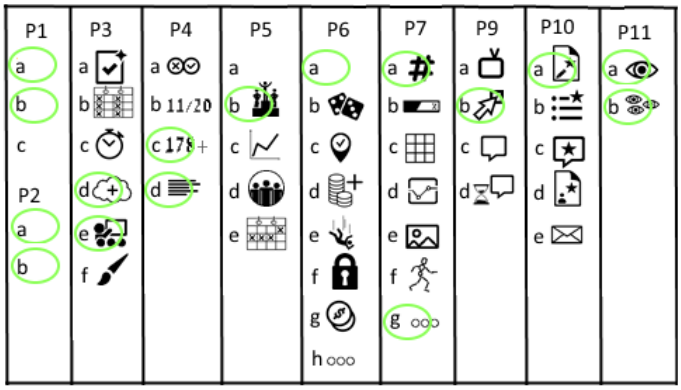


Figure 36 Résumé des propriétés des astuces

4.1.2.4 Randonneur

La quatrième fonctionnalité représente un randonneur qui progresse dans une montagne. Le randonneur progresse en faisant un pas à chaque bonne réponse de l'apprenant. Le tracé de la montagne et généré de façon procédurale afin de créer un paysage nouveau et inattendu. Des drapeaux sont placés aléatoirement sur le chemin du randonneur. Lorsque le randonneur passe un drapeau, il peut cliquer sur les jumelles (cf. figure 37) et accède alors à une anecdote sur l'origine d'un mot ou d'une expression.

Figure 37 Capture d'écran du randonneur

Nous décrivons maintenant cette fonctionnalité à travers ses propriétés et nous les résumons sur la figure 32. La fonctionnalité du randonneur apporte deux

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

types d'informations : elle représente la progression de l'apprenant (P3.a) et les anecdotes sont liées aux contenus pédagogiques (P3.e) : l'orthographe. Ces deux informations ne sont pas présentes dans un format quantifiable (P4.d). L'apprenant est représenté de façon isolée (P5.a). Dans son fonctionnement, la fonctionnalité repose sur le hasard (P6.b) pour la génération du terrain, et apporte certaines ressources (anecdotes) à la condition que l'apprenant progresse (P6.f). Le randonneur est représenté par une animation (P7.f) et les anecdotes par du texte (P7.g). Le randonneur est visible en permanence (P9.a) pendant l'activité d'apprentissage (P10.a), et les anecdotes interviennent comme une information instantanée (P9.c).

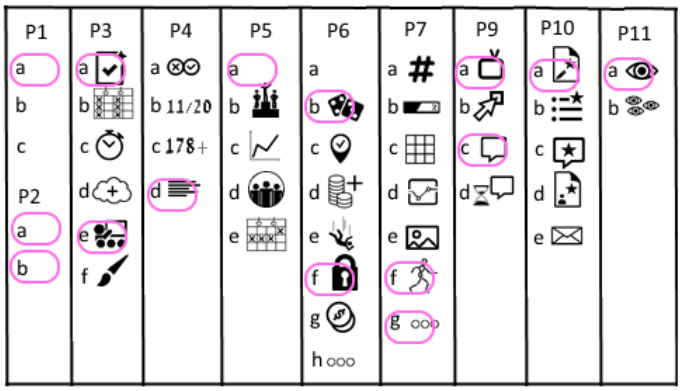


Figure 38 Résumé des propriétés du randonneur

4.1.2.5 Chronomètre

La cinquième fonctionnalité est représentée par un chronomètre. Celui-ci commence à zéro au début de chaque niveau et défile en augmentant. Afin de ne pas perturber l'apprentissage, le temps défile quand l'apprenant doit répondre mais il est arrêté quand celui-ci doit lire une règle d'orthographe. Trois seuils de temps ont été fixés pour chaque niveau, ils permettent de gagner une, deux ou trois coupes selon le temps réalisé (cf. figure 39). Quand l'apprenant recommence un niveau, il peut voir son meilleur temps précédent et essayer de l'améliorer.

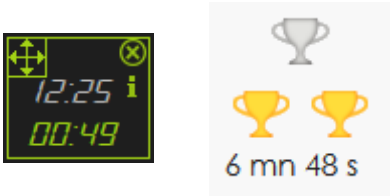


Figure 39 Capture d'écran du chronomètre

Nous décrivons maintenant cette fonctionnalité à travers ses propriétés et nous les résumons sur la figure 32. Le sujet central de cette fonctionnalité est la vitesse de réponse de l'apprenant (P3.c). Les coupes peuvent être considérées comme un score à échelle fermée (P4.b) allant de zéro à trois. Le temps réalisé n'est pas comparé à celui des autres joueurs (P5.a). Le temps qui défile est représenté par un

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

nombre (P7.a), et la récompense par une image (P7.e). Le chronomètre est visible en permanence (P9.a) pendant l'activité d'apprentissage (P10.a), et les coupes sont placées sur la page de navigation entre les exercices (P10.b).

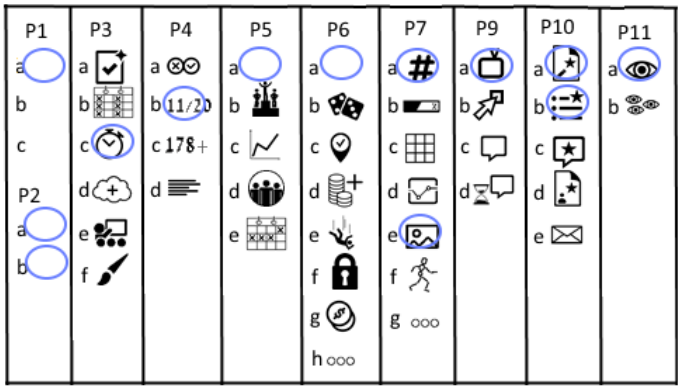


Figure 40 Résumé des propriétés du chronomètre

4.1.2.6 Respect des règles

Chacune des FEL implante au moins une mécanique de jeu, en accord avec la règle R1. La diversité des propriétés présentes parmi les FEL peut être observée sur la figure 41.

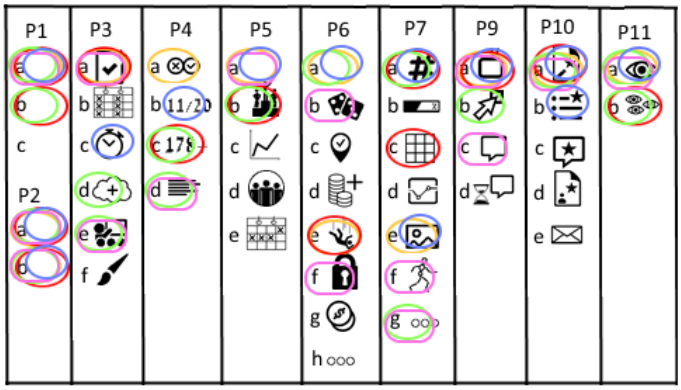


Figure 41 Résumé des propriétés superposées des cinq FEL développées dans le Projet Voltaire

Chacune des FEL est reliée à l'activité d'apprentissage, en accord avec la règle R2. En effet, les fonctionnalités 1, 2 et 4 récompensent l'utilisateur pour ses bonnes réponses. La fonctionnalité 3 le récompense pour ses contributions relatives au contenu pédagogique (règles d'orthographe). La fonctionnalité 4 apporte également des informations complémentaires liées à l'orthographe. Enfin, la fonctionnalité 5 encourage l'utilisateur à s'entraîner sur les niveaux déjà terminés pour obtenir plus de coupes.

Par ailleurs, nous nous sommes assurés que ces fonctionnalités ne perturbent pas l'activité d'apprentissage lorsqu'elles sont activées ou désactivées (règles R3 et R4). Ensuite nous avons ajouté un bouton en forme de croix dans le coin supérieur droit de la représentation de chaque fonctionnalité, permettant à l'utilisateur de la

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

désactiver s'il le souhaite (règle R5). Enfin, nous avons identifié pour chaque fonctionnalité au moins une action tracée qui témoigne de l'intérêt de l'utilisateur pour cette fonctionnalité (règle 6).

4.1.3 Architecture et adaptation

Le Projet voltaire fonctionne avec la technologie GWT : le code est écrit en java, puis compilé en javascript pour l'exécution dans une page web. L'architecture du Projet Voltaire ludifié est présentée sur la figure 42. Elle intègre un système client, un système serveur et une base de données. Le moteur d'adaptation pédagogique (ici moteur d'Ancrage mémoriel ®) sélectionne les exercices les plus adaptés à chaque apprenant en fonction de son modèle de connaissances. Ce moteur est implanté dans l'application client.

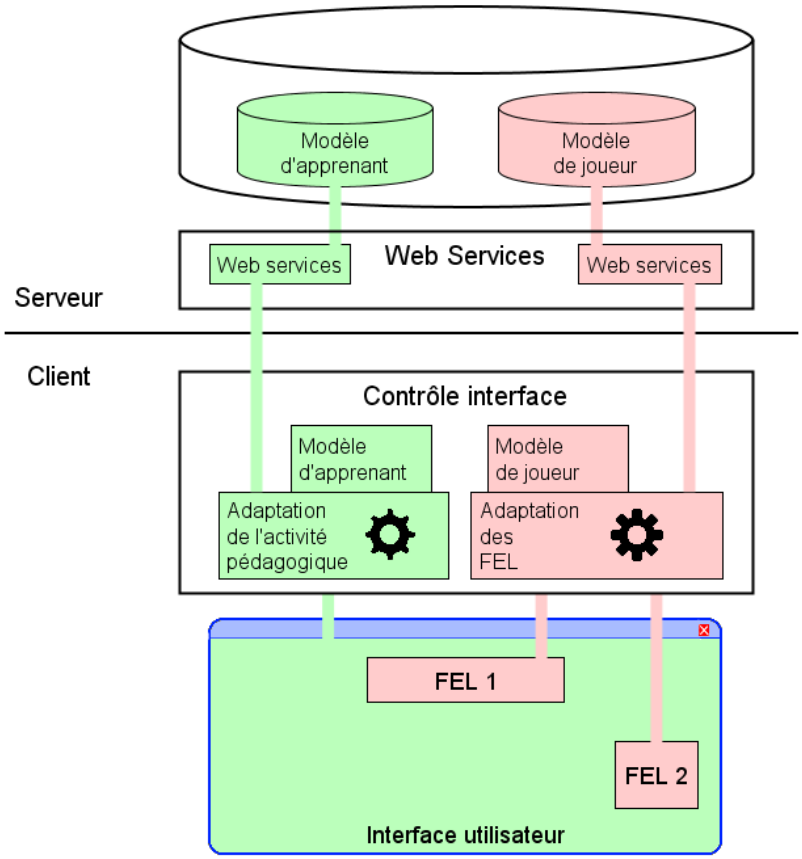


Figure 42 Implantation du système de ludification adaptative dans le Projet Voltaire

Nous avons (1) développé les fonctionnalités épiphytes dans l'application client, (2) développé le moteur d'adaptation des épiphytes dans l'application client, (3) ajouté un ensemble de tables contenant les informations pour le modèle de joueur, et (4) ajouté des services (côté serveur) pour que le client puisse accéder au modèle de joueur.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Le stockage des traces se fait suivant le principe d'*event sourcing* (Fowler, 2005). Il s'agit de veiller à ce que les changements d'états d'un système soient stockés comme une séquence d'événements. Le log des événements permet par la suite de reconstruire l'ensemble des états par lesquels est passé un système.

Quand l'apprenant se connecte, le système *rejoue* l'ensemble des traces à partir de l'état initial du modèle jusqu'à arriver à reconstruire l'état actuel du modèle. Nous pouvons ainsi reconstruire *a posteriori* les différents états du modèle à l'échelle de groupes d'utilisateurs afin de mieux comprendre leur comportement selon leur modèle de joueur.

Le modèle de joueur stocké en base de données côté serveur contient les informations suivantes :

- le profil initial de joueur,
- les traces d'interactions (événements).

Après initialisation du moteur d'adaptation et du modèle en local, celui-ci contient bien les informations suivantes du modèle de joueur :

- le profil courant de joueur,
- la liste des FEL actuellement actives pour ce joueur.

Pendant une session d'apprentissage, une interaction avec une FEL provoque un changement immédiat du modèle de joueur.

Le moteur d'adaptation ludique a été implanté comme un objet indépendant fournissant une API au Projet Voltaire. Elle offre les méthodes suivantes :

```
void init(GameModel model);

void replay(List<GameInteraction> trace);

Order inform(GameInteraction interaction);
```

La première méthode (*init*) permet d'initialiser le moteur au début d'une session. Elle prend en paramètre le *GameModel* qui contient (1) le modèle initial de joueur, (2) la liste des FEL implantées dans l'environnement hôte et (3) la A-matrice. La deuxième méthode (*replay*) permet de rejouer la trace. Elle est appelée après l'initialisation du moteur afin de le remettre dans le même état que quand l'apprenant a quitté l'application pour la dernière fois. La troisième méthode (*inform*) est appelée pendant les sessions, à chaque fois que l'utilisateur interagit avec une fonctionnalité ludique, et l'interaction est passée en paramètre. L'interaction est un objet qui a deux propriétés : le type d'interaction (USE, OFF) et l'identifiant de la FEL concernée. Quand la méthode *inform* transmet une interaction au moteur, celui-ci met à jour le modèle de joueur et renvoie un *Order*. L'ordre peut dire au système d'activer une nouvelle fonctionnalité qu'il a choisie, ou de ne rien faire.

Le moteur d'adaptation et les objets qu'il manipule (*GameModel*, *GameInteraction*) peuvent facilement être importés dans toute autre application développée en java qui garde en mémoire les interactions.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

4.2 Expérimentation 1 : mise à l'essai

Nous avons organisé une première expérimentation auprès de collégiens pendant le mois de juin 2014, dans le but d'évaluer le moteur d'adaptation.

4.2.1 Conditions expérimentales

4.2.1.1 Objectif et hypothèses

Lors de cette expérimentation, nous souhaitions d'abord vérifier qu'introduire de nombreuses fonctionnalités pour satisfaire les besoins de tous les types de joueurs ne serait pas une stratégie viable, et avons formulé l'hypothèse suivante :

H1. Introduire **de nombreuses fonctionnalités** ludiques dans l'environnement d'apprentissage le rend **plus compliqué** à utiliser.

Nous souhaitions également évaluer la mise en œuvre des algorithmes proposés pour l'adaptation de la ludification, et avons formulé les deux hypothèses suivantes :

H2. Notre algorithme de **mise à jour du profil** permet d'obtenir un profil plus proche de la réalité qu'une stratégie aléatoire.

H3. Donner aux apprenants une **fonctionnalité qui correspond à leur profil** les rend plus motivés que leur donner une fonctionnalité attribuée aléatoirement.

4.2.1.2 Participants et matériel

Les participants étaient 59 collégiens en classe de 3ème, âgés de 14 et 15 ans. Il y avait 28 garçons et 31 filles.

L'expérimentation était basée sur le Projet Voltaire avec trois fonctionnalités implantées : les étoiles (section 4.0.2.1), le tableau de score (section 4.0.2.2) et les astuces (section 4.0.2.3). Les trois fonctionnalités ont été conçues dans le but de faire émerger des dynamiques correspondant à des types de joueurs différents les uns des autres. Nous avons représenté les associations entre fonctionnalités et types de joueur dans le tableau 6.

Tableau 6 Association entre fonctionnalités et types de joueurs pour l'expérimentation 1

	Seek.	Surv.	Dare.	Mast.	Conq.	Soci.	Achi.
Étoiles	0,2	0	0,2	0,2	0	0	1
Tab.	0,2	0,3	0,7	0	1	0,5	0,5
Astuces	0,6	0	0	0,8	0,3	1	0

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Nous avons utilisé le questionnaire BrainHex traduit en Français pour établir les profils des joueurs. Ce questionnaire comporte vingt-huit items (quatre pour chaque type de joueur) et il est disponible en annexe V.

À la fin de l'expérimentation nous avons utilisé un second questionnaire sur leur appréciation des fonctionnalités et la complexité du système, il est disponible en annexe VI.

4.2.1.3 Protocole

Le directeur de l'école a permis que les sessions d'expérimentation se déroulent sur les séances de cours de Français, avec utilisation des ordinateurs de l'école en salle informatique. Le professeur de Français était présent pour accompagner la classe.

Les participants ont d'abord rempli le questionnaire BrainHex. Ils ont ensuite utilisé le Projet Voltaire pendant trois sessions de 45 minutes avec une session par semaine. Ils n'avaient aucune fonctionnalité ludique dans l'environnement pendant la première session, elles ont été activées à partir de la deuxième session. À la fin de la troisième session, les participants ont répondu à un dernier questionnaire. Cinq différentes conditions expérimentales ont été testées, avec cinq groupes d'utilisateurs :

- Groupe P : les utilisateurs ont reçu les trois fonctionnalités.
- Groupe A : les utilisateurs ont reçu la fonctionnalité correspondant le mieux à leur profil de joueur.
- Groupe B : les utilisateurs ont reçu la fonctionnalité correspondant le moins bien à leur profil de joueur.
- Groupe C : les utilisateurs ont reçu une fonctionnalité attribuée aléatoirement.
- Groupe D : les utilisateurs n'ont reçu aucune fonctionnalité.

Les élèves appartenaient à trois classes différentes, chaque classe étant partagée en deux. Deux demi-classes faisaient partie du groupe P, les quatre autres demi-classes ont été attribuées aux groupes A, B, C et D. L'attribution des groupes aux conditions expérimentales était aléatoire. Le tableau 7 présente les effectifs de chaque groupe et les résultats de l'attribution des fonctionnalités.

Tableau 7 Attribution des fonctionnalités pour l'expérimentation 1

	Groupe P	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe D
Conditions	3 FEL	1 FEL adaptée	1 FEL contre-adaptée	1 FEL aléatoire	Aucune FEL
Effectif	17	10	13	11	8
Étoiles	17	3	4	4	0
Tab. scores	17	3	6	4	0
Astuces	17	4	3	3	0

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Les fonctionnalités des groupes 1 et B ont été attribuées en utilisant l'algorithme d'adaptation présenté dans la section 3.3.3.1. Suite à l'utilisation du Projet Voltaire par les membres du groupe P, nous avons utilisé l'algorithme de mise à jour dynamique du profil décrit dans la section 3.3.3.2.

4.2.2 Résultats

4.2.2.1 Profils et préférences de fonctionnalités

Nous représentons sur le tableau 8 les types de joueurs dominants d'après les réponses des joueurs au questionnaire BrainHex.

Tableau 8 Types de joueurs dominants parmi les participants

	Profilage (gp. P)	Adaptation (gp. A, B, C, D)	**Total**
Seeker	0	1	**1**
Survivor	2	4	**6**
Daredevil	1	6	**7**
Mastermind	1	4	**5**
Conqueror	8	15	**23**
Socializer	3	5	**8**
Achiever	2	7	**9**
Total	**17**	**42**	**59**

Les données montrent une dominance claire du type *conqueror* et une absence du type *seeker*. Les autres types de joueurs sont relativement bien répartis dans la population.

Les participants ont émis **24** événements « USE » avec les étoiles, **118** avec le tableau de score et **41** avec les astuces. Il y a eu **2** événements « OFF » avec les étoiles, **19** avec le tableau de score et **19** avec les astuces. Nous observons que le tableau de score a été la FEL la plus utilisée, mais aussi celle qui a été fermée le plus souvent avec les astuces. Il nous semble important de préciser que, contrairement aux fonctionnalités 1 et 3 qui avaient une place précise sur l'écran, le tableau de score est un élément déplaçable qui apparaissait au centre de l'écran des participants au début de la deuxième session. Les professeurs nous ont informés que plusieurs élèves l'avaient considéré comme une fenêtre pop-up gênante et fermée dès son apparition.

Dans le questionnaire final, il a été demandé aux élèves s'ils avaient trouvé amusantes et utiles les fonctionnalités qu'ils avaient eues. Les réponses possibles étaient *non* (0), *plutôt non* (1), *plutôt oui* (2) et *oui* (3). Les résultats sont présentés dans le tableau 9. Les effectifs des répondants sont plus petits que les effectifs des participants car plusieurs élèves étaient absents lors de la dernière séance.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Tableau 9 Amusement et utilité perçus selon les fonctionnalités

	Fonctionnalité utile		Fonctionnalité amusante	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Étoiles (n = 16)	1,6	1,0	0,9	0,9
Tab. score (n = 17)	1,6	1,1	0,9	0,8
Astuces (n = 18)	1,6	1,2	1,1	1,0

Les valeurs moyennes ne rapportent aucune différence significative entre les fonctionnalités pour l'utilité perçue (m = 1,6) et l'amusement (m = 0,9 à m = 1,1). Cependant, les grands écarts types indiquent une très grande disparité parmi les participants.

4.2.2.2 Complexité d'usage (H1)

Nous avons demandé aux élèves s'ils ont trouvé le Projet Voltaire trop compliqué à utiliser. Les réponses possibles étaient *non* (0), *plutôt non* (1), *plutôt oui* (2) et *oui* (3). Nous avons trié les réponses en fonction du nombre de fonctionnalité activées dans l'environnement des élèves répondants. Les résultats sont présentés sur la figure 43.

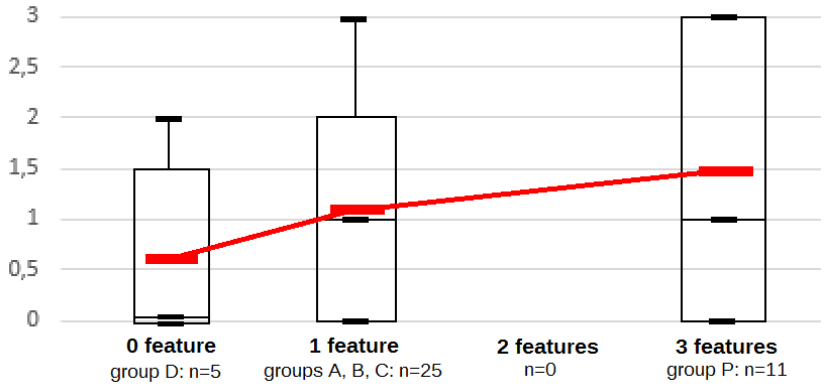


Figure 43 Complexité d'usage selon le nombre de fonctionnalités
La ligne rouge représente la valeur moyenne

Sans fonctionnalité, plus de la moitié des utilisateurs rapportent que le Projet Voltaire n'était pas du tout compliqué à utiliser. Cependant quand le nombre de fonctionnalités augmente, la valeur moyenne de la complexité perçue augmente également.

4.2.2.3 Profilage dynamique (H2)

À la fin de l'expérimentation, nous avons appliqué l'algorithme de mise à jour dynamique du profil pour prédire le profil des utilisateurs (cf. section 3.3.3.2) sur les traces d'utilisation des membres du groupe P avec différentes valeurs pour les paramètres t_n (valeur initiale du profil), s_{off} (fore de variation du profil en cas de fermeture de FEL) et s_{use} (force de variation du profil en cas d'utilisation de FEL). Ces tests ont été réalisés grâce à l'implantation suivant le principe d'*event sourcing* (section

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

4.1.3) : en rejouant les traces d'interactions sur le moteur d'adaptation. Chaque jeu de tests a été appliqué aux 17 élèves du groupe P.

Dans cette expérimentation, l'intervalle de valeurs des profils de joueur [-10 ; 20] a été ramené à l'intervalle [0 ; 1]. Pour le premier test, nous avons initialisé t_n à la valeur médiane (0,5), et comme recommandé dans la section 3.3.3.2 nous avons utilisé une valeur forte pour s_{off} (0,6) et une valeur faible pour s_{use} (0,1), car nous nous attendons à ce que la fermeture de fonctionnalité (OFF) soit une action rare et que l'interaction avec une fonctionnalité (USE) soit une action fréquente. Nous avons ensuite fait varier les valeurs de chacun de ces paramètres par pas de 0,1 jusqu'à atteindre un ensemble optimal de valeurs : t_n = 0,3, s_{off} = 0,1, s_{use} = 0,1. Le tableau 10 présente les types de joueurs dominants prédits par l'algorithme d'après l'ensemble initial de valeurs et l'ensemble optimal de valeurs. Le tableau présente le nombre de valeurs correspondant aux résultats du questionnaire BrainHex.

Tableau 10 Types de joueur dominants prédits et correspondance avec les types de joueurs réels selon le questionnaire BrainHex

	t_n = 0,5 s_{off} = 0,6 s_{use} = 0,1		t_n = 0,3 s_{off} = 0,1 s_{use} = 0,1	
	Prédiction	Corresp.	Prédiction	Corresp.
Seeker	0	0	1	0
Survivor	4	0	4	1
Daredevil	3	1	0	0
Mastermind	4	1	1	0
Conqueror	3	3	7	3
Socializer	2	0	3	3
Achiever	1	0	1	0
Total	**17**	**5**	**17**	**7**

Avec le premier ensemble de paramètres, l'algorithme a prédit correctement 5 types de joueurs dominants parmi les 17, soit une précision de **29%**. Avec le second ensemble de paramètres, l'algorithme a prédit correctement 7 types de joueurs dominants parmi les 17, soit une précision de **41%**. Avec une prédiction aléatoire des types de joueurs dominants, la précision atteinte serait en moyenne de 100 / 7 = **14%.** Notre algorithme de profilage semble donc meilleur que l'aléatoire dans les deux cas. Les effectifs des participants ne sont pas suffisamment importants pour valider l'hypothèse H2 à l'aide de ces résultats.

4.2.2.4 Adaptation des fonctionnalités (H3)

Nous avons voulu évaluer les effets de l'adaptation des fonctionnalités ludiques sur la motivation des utilisateurs de différentes manières : en observant (1) le taux de bonnes réponses sur les exercices du Projet Voltaire et (2) les valeurs de préférences des fonctionnalités.

(1) Le taux de bonnes réponses des élèves était similaire dans les quatre groupes testés : 63% pour A, 63% pour B, 63% pour C et 65% pour D. Sur l'ensemble

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

des groupes, le taux moyen de bonnes réponses est de 64% avec un écart type assez faible de 7%. Nous supposons que cette stabilité est due au moteur d'adaptation pédagogique du Projet Voltaire. Quand l'apprenant commence à faire trop de mauvaises réponses, le système le fait s'entraîner sur des règles qu'il maîtrise déjà pour l'aider à reprendre confiance en lui. L'impact de ce processus sur le taux de bonnes réponses a été plus grand que nous ne le pensions.

(2) Dans le questionnaire final, il était demandé aux élèves s'ils avaient trouvé les fonctionnalités utiles et amusantes. Les réponses possibles étaient *non* (0), *plutôt non* (1), *plutôt oui* (2) et *oui* (3). Nous avons comparé les résultats selon que la fonctionnalité était adaptée (gp. A), contre adaptée (gp. B) ou prise aléatoirement (gp. C). Les résultats sont présentés dans le tableau 11.

Tableau 11 Amusement et utilité perçus des fonctionnalités selon l'adaptation

	Fonctionnalité utile		Fonctionnalité amusante	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Groupe A (n = 8)	1,3	1,1	0,6	0,8
Groupe B (n = 8)	2,2	0,8	1,5	1,1
Groupe C (n = 5)	1,4	1,3	1,2	1,0

Les membres du groupe avec les fonctionnalités ludiques contre-adaptées à leur profil (groupe B) rapportent avoir trouvé en moyenne les fonctionnalités plus utiles (m = 2,2) et plus amusantes (m = 1,5) que les autres groupes, alors que nous nous attendions à trouver de meilleurs résultats pour le groupe A. Nous observons aussi des écarts types très grands (proches des moyennes), indiquant des résultats très variables selon les élèves. Ces variations sont liées aux faibles effectifs des élèves ayant répondu au questionnaire final, et rendent la supériorité observée du groupe B non significative.

4.2.3 Discussion

Si les résultats semblent confirmer l'hypothèse H1, ce n'est pas le cas pour H2 et H3.

Notre première hypothèse (H1) était qu'introduire de nombreuses fonctionnalités ludiques dans l'environnement d'apprentissage rend l'usage de celui-ci plus compliqué. Les résultats (section 4.2.2.2) indiquent en effet que le Projet Voltaire est simple d'utilisation mais semble plus compliqué quand le nombre de fonctionnalités actives augmente. Avec trois fonctionnalités, le niveau de complexité perçue est resté acceptable ; cependant, la tendance observée confirme qu'introduire de nombreuses fonctionnalités pour satisfaire les besoins de tous les types de joueurs ne serait pas une stratégie viable.

Notre deuxième hypothèse (H2) était que notre algorithme de profilage dynamique permet de construire un profil de joueur plus précis qu'une stratégie aléatoire. Selon les résultats (section 4.2.2.3), là où une stratégie aléatoire aurait obtenu une précision de 14%, notre stratégie de prédiction a obtenu une précision de 29%

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

avec les paramètres initiaux, et semble pouvoir encore augmenter sa précision en améliorant les paramètres de profilage. Nous en concluons qu'il existe bien une relation entre les actions des utilisateurs sur les fonctionnalités et leur profil de joueur. Cependant, le faible nombre de participants constitue une limite importante qui ne nous permet pas de valider la seconde hypothèse. Le déséquilibre parmi les types de joueurs dominants (voir tableau 8) pose aussi un problème, car dans ce cas une stratégie de profilage qui donne systématiquement le *conqueror* comme type dominant aurait obtenu une précision encore meilleure que notre algorithme d'adaptation.

Par ailleurs nous avons observé que le comportement des utilisateurs n'est pas seulement influencé par leur profil, mais aussi par la conception des fonctionnalités. En effet, la fermeture du tableau de score était due dans la majorité des cas à son emplacement, et non au fait qu'il était utilisé par des élèves dont le type de joueur ne correspondait pas. Cela explique pourquoi de meilleurs résultats ont été obtenus avec une valeur faible pour s_{off} : afin de minimiser l'impact de ce comportement sur les variations des profils.

Notre troisième hypothèse (H3) consistait à vérifier que le fait de fournir aux apprenants une fonctionnalité qui correspond à leur profil les rend plus motivés que de leur donner une fonctionnalité attribuée aléatoirement. Les résultats (section 4.2.2.4) n'ont pas permis de confirmer cette hypothèse, les membres du groupe avec des fonctionnalités aléatoires ayant reporté en moyenne de meilleures valeurs d'appréciation que ceux avec des fonctionnalités adaptées. Nous notons cependant que ces résultats ne sont pas significatifs, à cause du faible nombre de répondants et de la grandeur des écarts types. De plus, nous pensons que ce critère n'était pas un bon indicateur de la motivation des participants. En effet la motivation dépend de nombreux facteurs (ex. profil de joueur, difficulté, confiance en soi). Un questionnaire dédié à la motivation serait probablement plus approprié, comme l'échelle de motivation en situation (SIMS) de Guay *et al.* (2000).

Les traces d'utilisation des fonctionnalités nous ont montré une des limites de l'expérimentation : l'usage des fonctionnalités ne dépend pas que de l'intérêt que leur portent les utilisateurs mais aussi du succès de leur implantation. Les étoiles et astuces ont été très peu utilisées. Pour les étoiles, c'est probablement dû au fait que l'interaction proposée (survol avec la souris) n'était pas évidente pour les élèves. Pour les astuces, c'est probablement parce que cette fonctionnalité était trop compliquée pour des élèves de collège. En effet, aucun élève ne semble avoir apporté une astuce pertinente (en l'occurrence, une aide mnémotechnique). D'après ces observations, l'algorithme de profilage devrait reposer sur un ensemble de fonctionnalités déjà testées dans un contexte similaire, afin de s'assurer que le nombre d'actions « USE » et « OFF » ne soit pas biaisé par leur conception.

Pour la suite, nous pensons qu'un public adulte serait plus à même de s'approprier les fonctionnalités développées. Nous pensons aussi qu'un nombre de fonctionnalités plus grand permettrait de mieux répondre aux attentes des apprenants. Ces conclusions nous ont aidées à élaborer les protocoles des expérimentations 2 et 3 présentés dans les parties suivantes.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

4.3 Expérimentation 2 : construction de la A-matrice

Le processus d'adaptation n'ayant pas donné de résultats satisfaisants lors de la première expérimentation, nous avons souhaité nous concentrer sur ce point pour l'expérimentation suivante. Pour cela, nous avons dans un premier temps travaillé à améliorer la A-matrice. Dans notre modèle d'adaptation, la A-matrice est relie les fonctionnalités aux types de joueurs (cf. partie 3.3). Elle est déterminante pour l'attribution des fonctionnalités aux utilisateurs. L'objectif principal de l'expérimentation 2 était donc d'évaluer le mode de construction de la A-matrice, afin de l'utiliser pour adapter les fonctionnalités dans l'expérimentation 3. L'expérimentation 2 s'est déroulée au mois d'octobre 2014.

4.3.1 Conditions expérimentales

4.3.1.1 Objectif

La A-matrice est un élément essentiel dans le choix des fonctionnalités adaptées à un utilisateur. Nous avons présenté dans la section 3.3.2.2 deux méthodes d'initialisation de la A-matrice : une méthode fondée sur l'avis d'experts et une autre basée sur les retours des utilisateurs. L'objectif de cette seconde expérimentation était de construire une A-matrice suivant chacune des deux méthodes, et identifier la meilleure pour l'utiliser pour l'expérimentation suivante.

4.3.1.2 Participants

Pour la construction de la A-matrice d'après l'avis d'experts, six universitaires spécialisés dans le jeu sérieux ou la ludification ont participé.

Pour la construction de la A-matrice basée sur une méthode empirique, un appel à volontaires a été diffusé sur la page Facebook du Projet Voltaire. Les volontaires devaient remplir le questionnaire BrainHex et donner leur adresse e-mail pour s'inscrire. Nous avons fermé les inscriptions après avoir eu 140 volontaires. Parmi les inscrits, nous avons gardé ceux qui ont effectivement utilisé le Projet Voltaire et répondu au questionnaire final, ce qui constitue un total de 67 participations valides. Les utilisateurs étaient à 76% des femmes. Ils étaient âgés de 19 à 68 ans (moyenne = 38,5 ans, écart type = 9,5 ans). La seule récompense qu'ont obtenue les utilisateurs pour leur participation était l'accès gratuit au Projet Voltaire pendant la durée de l'expérimentation. Avant le lancement, 44% des utilisateurs avaient déjà essayé la version d'essai du Projet Voltaire. Celle-ci comporte 2 niveaux, au lieu des 15 niveaux contenus dans la version du Projet Voltaire utilisée pour cette expérimentation.

4.3.1.3 Matériel

L'expérimentation s'est déroulée intégralement à distance, via l'utilisation du Projet Voltaire et de questionnaires en ligne.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Nous avons développé deux prototypes de fonctionnalités supplémentaires pour cette expérimentation, arrivant à un total de cinq fonctionnalités : les étoiles, le tableau de score, les astuces, le randonneur et le chronomètre. Ces fonctionnalités sont décrites en détails dans la section 4.0.2.

Pour établir les profils des joueurs, nous avons utilisé le questionnaire BrainHex traduit en Français. Ce questionnaire comporte vingt-huit items (quatre pour chaque type de joueur) et il est disponible en annexe V.

4.3.1.4 Protocole

Chaque participant a eu à répondre au questionnaire BrainHex avant d'accéder librement au Projet Voltaire pendant trois semaines, puis de remplir un questionnaire final. Le questionnaire BrainHex fournit une valeur comprise dans [-10, 20] sur les 7 types de joueurs pour chacun des utilisateurs. Nous avons ainsi obtenu la matrice **B**. À l'initialisation du système, chaque utilisateur s'est vu attribuer aléatoirement deux fonctionnalités seulement, l'interface étant trop chargée quand les 5 fonctionnalités sont actives. Dans le dernier questionnaire, nous avons demandé aux utilisateurs de juger la motivation entraînée par les deux fonctionnalités avec la question suivante : « Globalement j'apprécie cette fonctionnalité. » Les réponses possibles comprenaient des valeurs de 1 à 7. Les réponses à cette question ont servi à établir la matrice **R**.

Les utilisateurs n'ayant que deux fonctionnalités, la matrice R n'est pas complètement remplie. En effet chaque utilisateur n'a pu fournir que 2 valeurs sur 5 d'une ligne. Pour compléter cette matrice nous avons suivi la recommandation de Ayers *et al.* (2009) en remplaçant les vides par des valeurs neutres : la valeur intermédiane de la moyenne sur la ligne et de la moyenne sur la colonne. La moyenne sur la colonne respecte l'appréciation globale de la fonctionnalité sur l'ensemble des utilisateurs. La moyenne sur la ligne respecte la manière globale de noter de l'utilisateur : sa tendance à donner des notes hautes ou basses. Nous avons ainsi obtenu la matrice **R**, indiquant les fonctionnalités préférées de chaque utilisateur. Cette matrice a servi de base à l'évaluation des différentes A-matrices calculées.

---

(1) Approche experte

Les six experts ont d'abord pris connaissance des types de joueurs de la classification BrainHex. Ensuite ils ont utilisé le Projet Voltaire pendant une heure, en interagissant avec chacune des fonctionnalités. Connaissant les 5 fonctionnalités ludiques et les 7 types de joueurs, ils devaient finalement leur donner une valeur d'association pour définir chacun une Q-matrice (5x7). Ils pouvaient choisir les valeurs parmi les suivantes :

1. Correspondance totale : 1
2. Correspondance forte : 0,75
3. Correspondance moyenne : 0,50
4. Correspondance faible : 0,25
5. Aucune correspondance : 0

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

La A-matrice des experts a ensuite été calculée en sélectionnant la médiane des 6 avis d'experts sur chacune des 35 valeurs. La médiane est une bonne manière de chercher le consensus, sans être influencé par une note extrême donnée par un seul expert. Le tableau 12 présente la matrice **A-experts** ainsi obtenue des avis des experts.

Tableau 12 A-matrice issue de la consultation des experts

	Seek.	Surv.	Dare.	Mast.	Conq.	Soci.	Achi.
Étoiles	0,5	0,13	0,63	0,63	0,75	0,13	1
Tab.	0	0,5	0,63	0,63	1	0,13	0,75
Astuces	0,75	0	0	0,38	0,13	1	0,13
Rando.	0,88	0	0,13	0,25	0,38	0,25	0,88
Chrono.	0	0,38	0,88	0,25	0,75	0	1

Cette A-matrice a été utilisée dans la formule **R = B A** pour obtenir la prédiction de **R-experts**.

(2) Approche empirique

La technique des moindres carrés peut être appliquée directement à partir des matrices **R** et **B** (cf. section 3.4.2.2). Cependant pour évaluer la A-matrice obtenue, on ne peut pas faire une prédiction sur la même population que celle qui a servi à construire le modèle de prédiction. Nous avons donc réalisé une validation croisée comme suit.

La matrice **B** a été répliquée en 8 matrices (B_1, B_2, etc.) ignorant chacune un utilisateur sur 8. La même opération a été réalisée avec **R** (R_1, R_2, etc.). Les moindres carrés ont ensuite été appliqués à chaque paire de matrices $\mathbf{B_n}$ $\mathbf{R_n}$ afin d'obtenir 8 matrices $\mathbf{A_n}$, chacune calculée à partir du 7/8 des utilisateurs. Enfin en utilisant la formule **R = B A** huit fois, chaque matrice $\mathbf{A_n}$ a été multipliée par une matrice **B**, contenant uniquement le 1/8 des utilisateurs qui n'avait pas servi pour le calcul de $\mathbf{A_n}$. Les 8 matrices **R** ainsi calculées ont été assemblées pour obtenir la prédiction **R-empirique**.

4.3.2 Résultats

Les prédictions **R-experts** et **R-empirique** ont été comparées aux valeurs réelles données par les utilisateurs (**R**) afin d'être évaluées.

4.3.2.1 Corrélation avec le résultat R

Pour qu'une prédiction soit bonne, les grandes valeurs dans la matrice prédite doivent correspondre à de grandes valeurs dans la matrice réelle, et inversement. Ainsi, si le modèle prédit que l'utilisateur *u1* sera fortement motivé par la fonctionnalité *f1* et que l'utilisateur *u2* sera faiblement motivé par la fonctionnalité *f2*, on s'attend à ce que la note donnée par *u1* sur *f1* soit plus haute que la note donnée par *u2* sur *f2*.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

L'évaluation a été réalisée au moyen d'une recherche de corrélation linéaire entre **R** et les deux prédictions de **R**. Le coefficient de corrélation entre **R** et **R-experts** est r = **0,17**. Le coefficient de corrélation entre **R** et **R-empirique** est r = **0,21**.

4.3.2.2 Distance entre les prédictions de fonctionnalités

La matrice **R** prédit quelles fonctionnalités correspondent à chaque utilisateur en représentant un vecteur de 5 valeurs pour chaque fonctionnalité. La deuxième méthode que nous avons utilisée pour évaluer les prédictions de **R** est de mesurer la distance entre ces vecteurs. Avec notre algorithme d'adaptation, seul l'ordre dans lequel les fonctionnalités sont attribuées par le vecteur compte. Par exemple, le vecteur (22, 23, 50, 49, 1) donne le même résultat que le vecteur (22, 23, 50, 24, 1). Afin de ne prendre en compte que l'ordre d'attribution des fonctionnalités résultant de chaque vecteur, nous avons procédé en plusieurs étapes :

1) Nous les avons remplacés par des valeurs de 1 à 5. Par exemple, (2, 3, 5, 4, 1) représente les deux vecteurs précédents.
2) Nous avons créé une matrice **D-experts** de la même taille que **R** dans laquelle chaque valeur représente la distance entre la position d'une fonctionnalité dans **R** et sa position selon **R-experts**. Nous avons construit une matrice de distances **D-empirique** similaire avec les distances entre **R** et **R-empirique**.
3) Nous avons élevé au carré les valeurs de **D-experts** et **D-empirique** afin que de grandes distances entre les ordres d'attributions des fonctionnalités soient plus fortement pénalisées.
4) Enfin nous avons calculé la somme des valeurs d'un vecteur de **D-experts** (ou **D-empirique**) comme la distance entre un vecteur de **R** et un vecteur de **R-experts** (ou **R-empirique**), et avons fait la moyenne de ces distances. Nous obtenons une distance carrée égale à **19,6** entre **R** et **R-experts**, et une distance carrée de **21,1** entre **R** et **R-empirique**.

4.3.2.3 Accord entre les prédicteurs

Il est nécessaire que les experts soient d'accord entre eux pour que la A-matrice des experts soit considérée comme valide. Cela indique que la matrice médiane reflète réellement une tendance dans l'avis des experts. Nous avons utilisé la corrélation intra-classe (ICC) comme outil de mesure (Shrout et Fleiss, 1979). Nous obtenons une valeur de **0,43** pour la corrélation entre les 6 experts, une valeur modérée mais suffisante pour confirmer l'accord entre eux.

Nous avons utilisé la même méthode pour évaluer la fiabilité de la A-matrice empirique. Nous avons alors partagé le groupe d'utilisateurs en six pour obtenir six matrices **B** et six matrices **R**. Nous avons ensuite appliqué la méthode des moindres carrés sur chaque couple (**B**, **R**) et obtenu six A-matrices. La corrélation intra-classe de ce groupe de six matrices vaut **–0,11**, une valeur quasi nulle qui indique que les A-matrices obtenues à partir de différents groupes d'utilisateurs ne sont pas corrélées.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

4.3.3 Discussion

La corrélation entre la matrice **R-empirique** et la matrice **R** est légèrement plus forte que celle entre la matrice R-**experts** et la matrice **R**. Ce résultat pèse en faveur de la méthode empirique. Cependant, 0,21 est une valeur de corrélation très faible qui ne nous permet pas de conclure sur la réussite de la méthode empirique.

La distance carrée entre la matrice **R-empirique** et la matrice **R** est légèrement plus grande que celle entre la matrice **R-experts** et la matrice **R**. Ce résultat pèse en faveur de la méthode basée sur les experts. Cependant, 19,6 et 21,1 sont des valeurs proches qui ne permettent pas de conclure fermement sur la supériorité de l'approche experte.

Finalement, la corrélation intra-classe est la méthode d'évaluation qui nous a permis de trancher entre les deux approches. La corrélation entre les différents avis d'experts (0,43) est une valeur satisfaisante, qui témoigne du fait que la A-matrice des experts représente bien un avis commun. Cependant la corrélation entre les A-matrices émergeant de différents groupes d'utilisateurs (– 0,11) est très proche de zéro. Nous avons également observé que la A-matrice calculée à partir des données pouvait subir de grandes modifications lorsque quelques utilisateurs étaient retirés des données d'entraînement. Ce défaut est caractéristique d'un problème de sur-apprentissage. La A-matrice calculée suivant l'approche empirique dépend très fortement du groupe d'utilisateurs à partir desquels elle a été calculée, elle n'est donc pas assez fiable pour être utilisée pour l'adaptation.

Lors de l'expérimentation suivante (section 4.4), nous avons découvert que l'appréciation d'un utilisateur pour une fonctionnalité est indépendante de l'adaptation de cette fonctionnalité à son profil de joueur. Cela peut expliquer pourquoi la matrice **R-experts** n'était que faiblement corrélée à la matrice **R** : la matrice **R-experts** était construite suivant le profil des utilisateurs, alors que les valeurs de **R** représentaient les préférences des joueurs qui semblent être indépendantes de leur profil. Cela peut aussi expliquer pourquoi l'approche empirique n'a pas fonctionné : celle-ci était basée sur les notes d'appréciation des utilisateurs pour les fonctionnalités.

4.4 Expérimentation 3 : adaptation selon les profils de joueurs

Le travail réalisé pour l'expérimentation 2 nous a permis d'obtenir une A-matrice basée sur l'avis de six experts, présentant la correspondance entre les cinq fonctionnalités implantées dans le Projet Voltaire et les sept types de joueurs de la typologie BrainHex. L'objectif de l'expérimentation 3 était d'évaluer notre modèle de sélection des fonctionnalités adaptées en se basant sur cette matrice. Cette expérimentation s'est déroulée au mois de décembre 2014.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

4.4.1 Conditions expérimentales

4.4.1.1 Objectif et hypothèses

Afin d'évaluer le bénéfice de l'adaptation sur la participation et la motivation des apprenants, nous proposons les trois hypothèses suivantes :

H4. Des utilisateurs avec des fonctionnalités adaptées à leur profil passent **plus de temps** sur l'environnement d'apprentissage que des utilisateurs avec des fonctionnalités contre-adaptées.

H5. Des utilisateurs avec des fonctionnalités adaptées à leur profil **sont plus motivés** que des utilisateurs avec des fonctionnalités contre-adaptées.

H6. Des utilisateurs avec des fonctionnalités adaptées à leur profil **les apprécient plus** que des utilisateurs avec des fonctionnalités contre-adaptées.

4.4.1.2 Participants

Un second appel à volontaires a été diffusé sur la page Facebook du Projet Voltaire. Les volontaires devaient remplir le questionnaire BrainHex et donner leur adresse e-mail pour s'inscrire. Le jour de la fermeture des inscriptions, nous avions 338 volontaires. Nous avons créé un groupe de 140 inscrits avec des fonctionnalités adaptées, un groupe de 140 inscrits avec des fonctionnalités contre-adaptées et un groupe de 58 inscrits sans fonctionnalité ludique. Les volontaires ont été attribués aléatoirement à chacun des groupes. Parmi les 338 volontaires, 266 se sont effectivement connectés au Projet Voltaire pendant la période d'expérimentation. Les participants effectifs étaient répartis ainsi :

- Groupe FA (Fonctionnalités adaptées) : 112 participants
- Groupe FC (Fonctionnalités Contre-adaptées) : 111 participants
- Groupe SF (Sans Fonctionnalité) : 43 participants

Les participants étaient à 79% des femmes. Ils étaient âgés de 18 à 75 ans (moyenne = 40,3 ans, écart type = 9,8 ans). La seule récompense qu'ont obtenue les utilisateurs pour leur participation était l'accès gratuit au Projet voltaire pendant la durée de l'expérimentation. Avant l'expérimentation, 49% des utilisateurs avaient déjà essayé la version d'essai du Projet Voltaire.

4.4.1.3 Matériel

L'expérimentation s'est déroulée intégralement à distance, via l'utilisation du Projet Voltaire et de questionnaires en ligne.

Nous avons utilisé les cinq prototypes de fonctionnalités développées : les étoiles, le tableau de score, les astuces, le randonneur et le chronomètre. Ces fonctionnalités sont décrites en détail dans la section 4.1.2.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Pour établir les profils des joueurs nous avons utilisé le questionnaire Brain-Hex traduit en Français. Ce questionnaire comporte vingt-huit items (quatre pour chaque type de joueur) et il est disponible en annexe V.

Pour évaluer la motivation nous avons utilisé le questionnaire SIMS (*SItuational Motivation Scale*) de Guay *et al.* (2000). Ce questionnaire permet de mesurer la motivation intrinsèque, la régulation identifiée, la régulation externe et l'amotivation avec quatre items pour chacun de ses composants. La *motivation intrinsèque* désigne le fait de réaliser une activité pour elle-même. La *régulation identifiée* a lieu quand l'individu choisit de faire une activité car il a conscience de son intérêt. La *régulation externe* a lieu quand l'individu réalise une activité pour une récompense externe à l'activité pour éviter une punition. Enfin l'*amotivation* désigne l'absence de motivation autodéterminée chez l'individu. La régulation identifiée et la régulation externe sont des composants de la motivation extrinsèque. Comme nous n'avons pas introduit de récompense ni de punition externe à l'activité, nous avons ignoré les items associés à la régulation externe afin de réduire la taille du questionnaire. La traduction en Français des items utilisés est disponible en annexe VII.

Pour la sélection des fonctionnalités à attribuer aux utilisateurs, nous avons utilisé la A-matrice construite à partir des avis d'experts lors de l'expérimentation 2. Cette matrice est présentée sur le tableau 12.

4.4.1.4 Protocole

Nous avons calculé la matrice R de prédiction des préférences des utilisateurs pour les fonctionnalités sur la base des matrices A (A-matrice des experts) et B (profils de joueur), selon la formule R = B A. Afin d'équilibrer les probabilités de sélection des fonctionnalités entre elles, nous avons ensuite normalisé les valeurs de R. Pour cela, chaque valeur de R a été divisée par la valeur moyenne de sa ligne puis multipliée par la valeur moyenne de la matrice entière, rendant ainsi les valeurs moyennes de chaque ligne identiques.

Les participants en conditions adaptées (FA) ont reçu les deux fonctionnalités ayant le meilleur score pour eux selon R. Les participants en conditions contre-adaptées (FC) ont reçu les deux fonctionnalités ayant les scores les plus bas pour eux selon R. Les membres du groupe SF n'avaient aucune fonctionnalité active dans leur environnement d'apprentissage. Le tableau 13 montre la répartition des fonctionnalités activées selon les groupes.

Tableau 13 Répartition des fonctionnalités actives selon les groupes

	Étoiles	Tableau	Astuces	Rando.	Chrono.	**total**
FA	20	45	54	60	45	**224**
FC	17	56	49	46	54	**222**
tot.	**37** (8%)	**101** (23%)	**103** (24%)	**106** (24%)	**99** (22%)	

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Les étoiles ont été sélectionnées moins souvent que les autres fonctionnalités dans le processus. La raison de cela est que cette fonctionnalité convient relativement bien à tous les types de joueurs (comme le montre la A-matrice sur le tableau 12). Par conséquent les étoiles ont rarement été identifiées comme faisant partie des deux fonctionnalités les mieux adaptées (FA) ou des deux moins bien adaptées (FC).

Une fois le système initialisé, les participants ont reçu leurs identifiants pour se connecter au Projet Voltaire. On leur a dit qu'ils pouvaient utiliser le Projet Voltaire autant qu'ils le voulaient. Après une période de trois semaines, nous avons mesuré leur temps passé sur le site et leurs avons envoyé le questionnaire final.

4.4.2 Résultats

4.4.2.1 Durée d'utilisation de l'environnement

Le tableau 14 représente le nombre de sessions et la durée totale moyenne passée sur le Projet Voltaire par chacun des trois groupes.

Tableau 14 Durée moyenne et nombre de sessions passés sur le Projet Voltaire
m = valeur moyenne, sd = écart type

	Groupe FA		Groupe FC		Groupe SF	
	m	sd	m	sd	m	sd
durée moy.	2h36	2h20	1h54	1h22	1h53	1h29
nb sessions	10,6	8,7	8,1	4,4	6,9	4,3

Pendant la période de trois semaines, les participants du groupe FA ont passé en moyenne **2h36** sur le Projet Voltaire, tandis que les membres du groupe FC n'étaient connectés que **1h54**. Cela représente un écart de 42 minutes, soit 37% de temps supplémentaire pour les membres du groupe FA par rapport à FC. Cet écart est confirmé avec le test de *Student* ($p = 0,047$, $p < 5\%$). Ce résultat permet de valider l'hypothèse H4 : les utilisateurs avec des fonctionnalités adaptées à leur profil **passent en effet plus de temps** sur l'environnement d'apprentissage que ceux avec des fonctionnalités contre-adaptées. Le nombre de sessions effectuées par les utilisateurs confirme cette tendance, avec 10,6 sessions en moyenne pour FA contre 8,1 pour FC. Nous observons aussi que le temps passé sur la plateforme par les membres du groupe FC est similaire à celui passé par les membres du groupe sans fonctionnalités. Par ailleurs, des écarts types élevés révèlent de grandes disparités dans le temps passé et le nombre de sessions au sein de chaque groupe.

Afin de veiller à ce que ce résultat ne soit pas dû à la distribution des fonctionnalités (tableau 13), nous avons mesuré plus en détails le temps passé sur le Projet Voltaire en fonction des fonctionnalités attribuées aux utilisateurs. Pour cela, nous avons partagé cinq fois les membres de chaque groupe, avec d'une part ceux qui avaient une fonctionnalité donnée et d'autre part ceux qui ne l'avaient pas. Le tableau 15 montre les effectifs de ces groupes. La table 16 montre le temps moyen passé sur

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

le Projet Voltaire par chaque groupe et une comparaison avec le temps de référence du groupe sans fonctionnalité.

Tableau 15 Effectifs des groupes avec et sans chaque fonctionnalité

FEL1 = utilisateurs avec la FEL1 activée, ~~FEL1~~ = utilisateurs avec la FEL1 désactivée

	FEL1	~~FEL1~~	FEL2	~~FEL2~~	FEL3	~~FEL3~~	FEL4	~~FEL4~~	FEL5	~~FEL5~~
FA	20	92	45	67	54	58	60	52	45	67
FC	17	94	56	55	49	62	46	65	54	57
SF	43									

Tableau 16 Temps passé sur le Projet Voltaire selon les fonctionnalités attribuées

	FEL1	~~FEL1~~	FEL2	~~FEL2~~	FEL3	~~FEL3~~	FEL4	~~FEL4~~	FEL5	~~FEL5~~
FA	1h25	2h52	3h10	2h14	2h29	2h44	2h21	2h55	3h05	2h17
FC	1h50	1h54	1h52	1h56	1h49	1h57	1h59	1h50	1h57	1h50
SF	1h53									
FA-SF	-0h28	+0h59	+1h17	+0h21	+0h36	+0h51	+0h28	+1h02	+1h12	+0h24
FC-SF	-0h03	+0h01	-0h01	+0h03	-0h04	+0h04	+0h06	-0h03	+0h03	-0h03

Dans la dernière ligne du tableau 16, nous pouvons observer l'écart dans les temps moyens entre le groupe sans fonctionnalité et des sous-groupes de FC qui avaient tous une fonctionnalité active (ou inactive) en commun. Sur toute la ligne, les écarts sont inférieurs à six minutes. Cela suggère qu'une fonctionnalité qui ne correspond pas au profil de joueur d'un apprenant n'a pas d'impact sur son engagement.

Sur la ligne précédente (écart entre FA et SF), neuf valeurs sur dix sont comprises entre 24 minutes et 77 minutes, ce qui différencie bien l'impact d'une fonctionnalité adaptée (FA) par rapport à une fonctionnalité contre-adaptée (FC) sur l'investissement en temps de l'utilisateur. Une valeur est négative : celle des 20 utilisateurs avec les étoiles (FEL1). Nous discutons cela dans la section 4.4.3.

4.4.2.2 Motivation des participants

Nous présentons les résultats du questionnaire de motivation (SIMS, annexe VI) sur le tableau 17. Les valeurs s'expriment sur une échelle de 4 à 28. Les effectifs dépendent du nombre total de 178 répondants au questionnaire final. Les comparaisons ont été réalisées avec le test de *Student*.

Tableau 17 Résultats sur la motivation des participants

n = effectif, m = valeur moyenne, sd = écart type

	Motivation intrinsèque		Régulation identifiée		Amotivation	
	m	sd	m	sd	m	sd
FA (n = 73)	21,2	3,8	24,3	2,7	**5,1**	1,4
FC (n = 75)	21,1	4,2	23,6	3,5	**6,1**	2,7
SF (n = 30)	22,9	2,6	25,0	2,9	5,2	1,5

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Les valeurs de *motivation intrinsèque* sont globalement hautes pour les trois groupes. La motivation intrinsèque est équivalente pour les groupes FA et FC. Par ailleurs, elle est significativement plus faible pour les groupes avec fonctionnalités que le groupe sans fonctionnalité : $p_{(SF > FA)} = 0{,}031$, $p_{(SF > FC)} = 0{,}039$, $p < 5\%$.

Les valeurs de *régulation identifiée* sont globalement hautes pour les trois groupes. La régulation identifiée est également équivalente pour les groupes FA et FC. Elle semble aussi plus faible que pour les groupes avec fonctionnalités que le groupe sans, mais de manière non significative ($p > 5\%$).

Les valeurs de l'*amotivation* sont globalement basses pour les trois groupes. L'amotivation est significativement plus élevée pour le groupe avec fonctionnalités adaptées que le groupe avec fonctionnalités contre-adaptées ($p = 0{,}018$, $p < 5\%$). Cette différence signifie que plus de participants du groupe FC ont trouvé que l'activité avait peu d'intérêt. Ce résultat permet de valider l'hypothèse H5 : les utilisateurs avec des fonctionnalités adaptées à leur profil **sont en effet plus motivés** que des utilisateurs avec des fonctionnalités contre-adaptées.

4.4.2.3 Appréciation des fonctionnalités

Pour chacune des fonctionnalités présentes dans leur interface, nous avons demandé aux utilisateurs de noter l'affirmation « J'apprécie cette fonctionnalité ». Les valeurs possibles pour la réponse étaient : 1 = Non, pas du tout, 2 = Très peu, 3 = Un peu, 4 = Moyennement, 5 = Assez, 6 = Tout à fait, 7 = Oui, parfaitement.

Les effectifs du nombre de répondants sont présentés dans le tableau 18. Les valeurs moyennes d'appréciation des fonctionnalités sont présentées dans le tableau 19.

Tableau 18 Nombre de répondants selon les fonctionnalités attribuées

n = effectifs

	Étoiles	Tableau	Astuces	Rando.	Chrono.	**Tous**
	n	n	n	n	n	n
FA	11	29	39	41	26	73
FC	10	38	33	30	39	75
tot.	21	67	72	71	65	148

Tableau 19 Appréciation des fonctionnalités selon les groupes

(m = valeur moyenne, sd = écart type)

	Étoiles		Tableau		Astuces		Rando.		Chrono.		**Toutes**	
	m	sd	m	sd	m	sd	m	sd	m	sd	m	sd
FA	4,1	1,9	4,6	1,5	5,2	1,1	4,3	1,6	5,5	1,4	**4,6**	1,3
FC	5,5	0,9	4,4	1,4	4,6	1,5	4,2	1,7	5,1	1,3	**4,7**	1,4
tot.	**4,8**	1,6	**4,5**	1,5	**4,9**	1,2	**4,3**	1,6	**5,2**	1,4	**4,5**	1,4

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Les participants avec des fonctionnalités adaptés et les participants avec des fonctionnalités contre-adaptées ont donnés des valeurs similaires d'appréciation pour la plupart des fonctionnalités. La seule fonctionnalité pour laquelle la différence est supérieure à 1 point est celle des étoiles, mais les effectifs sont trop faibles pour conclure à un écart significatif. Avec une moyenne à 4,6 pour FA et 4,7 pour FC, les utilisateurs avec des fonctionnalités adaptées à leur profil **les apprécient autant** que des utilisateurs avec des fonctionnalités contre-adaptées. Ce résultat invalide l'hypothèse H6 : l'appréciation des fonctionnalités semble indépendante du fait qu'elles soient adaptées au profil de l'utilisateur.

4.4.2.4 Impact de binômes de fonctionnalités

Nous avons observé dans les trois sections précédentes que l'adaptation des fonctionnalités (4.4.2.1) augmente le temps passé sur l'environnement d'apprentissage, (4.4.2.2) diminue l'amotivation et (4.4.2.3) semble ne pas avoir d'impact sur l'appréciation des fonctionnalités. Pour confirmer l'indépendance de ces résultats avec la distribution initiale des fonctionnalités entre les groupes FA et FC, nous souhaitons ici appliquer ces comparaisons à des sous-groupes d'utilisateurs ayant reçu exactement les mêmes fonctionnalités. Afin de sélectionner ces groupes, le tableau 20 montre la répartition des binômes de fonctionnalités parmi les membres des groupes FA et FC.

Tableau 20 Effectifs selon les binômes de fonctionnalités attribués dans les groupes FA et FC

FA	FEL1	FEL2	FEL3	FEL4	FEL5		FC	FEL1	FEL2	FEL3	FEL4	FEL5
FEL1							FEL1					
FEL2	2						FEL2	4				
FEL3	1	11					FEL3	4	9			
FEL4	15	0	38				FEL4	8	0	32		
FEL5	2	32	4	7			FEL5	1	43	4	6	

Seuls deux binômes de fonctionnalités sont présents en effectifs suffisants pour étudier leur impact de façon indépendante : les fonctionnalités 2 et 5 (tableau de score et chronomètre) et les fonctionnalités 3 et 4 (astuces et randonneur). Dans le tableau 21, nous observons les variations dans le temps passé sur le site par ces sous-groupes de participants, ainsi que leur amotivation et leur appréciation des fonctionnalités.

Tableau 21 Durée, amotivation et appréciation des fonctionnalités pour les participants avec les fonctionnalités (2 et 5) ou (3 et 4)

2 & 5	Durée	Amotiv.	Appréc.		3 & 4	Temps	Amotiv.	Appréc.
FA	3h18	5,8	4,8		FA	2h28	4,4	5,0
FC	1h58	5,9	4,6		FC	2h02	7,0	4,8

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Les participants ayant les fonctionnalités 2 et 5 dans le groupe FA ont passé en moyenne 1h20 de plus sur le Projet Voltaire que les participants du groupe FC avec les mêmes fonctionnalités. Cet écart n'est pas significatif suivant un test à 5% ($p = 0,078$), mais la p-value est acceptable compte-tenu des faibles effectifs comparés ($p < 10\%$). Par ailleurs, les participants avec les fonctionnalités 2 et 5 montrent des niveaux identiques d'amotivation et d'appréciation des fonctionnalités dans les groupes FA et FC.

Les participants ayant les fonctionnalités 3 et 4 dans le groupe FA ont passé 20 minutes en moyenne de plus sur le Projet Voltaire que les participants du groupe FC avec les mêmes fonctionnalités, un écart relativement faible et non significatif. Par ailleurs, les participants avec les fonctionnalités 3 et 4 avaient un niveau d'amotivation significativement plus bas dans le groupe FA que dans le groupe FC ($p = 0,006$, $p < 1\%$).

La comparaison des groupes avec les fonctionnalités 2 et 5 confirme le gain de temps passé sur l'environnement d'apprentissage (H4). La comparaison des groupes avec les fonctionnalités 3 et 4 le gain de motivation (H5). Les deux groupes confirment que l'adaptation n'a pas d'incidence sur l'appréciation des fonctionnalités. La différence observée selon les fonctionnalités est discutée dans la section 4.4.3.2.

4.4.2.5 Traces d'interactions

Nous avons observé le lien entre les traces USE et OFF et l'adaptation des fonctionnalités, afin de voir s'il est possible de déduire des informations sur le joueur à partir de ses traces d'interactions.

Deux types d'interactions avec les fonctionnalités étaient tracés.

- « USE » correspond à une interaction avec une fonctionnalité. Ces interactions sont décrites dans la section 4.1.2.
- « OFF » correspond à l'action de fermer une fonctionnalité.

Le tableau 22 présente le nombre d'utilisateurs ayant effectué ces actions et le nombre total d'actions de ce type en fonction du groupe.

Tableau 22 Nombre d'utilisateurs ayant interagi avec les fonctionnalités et nombre total d'interactions

* Un dysfonctionnement a empêché la collecte de ces valeurs.

** Ces valeurs prennent en compte les fonctionnalités 2 à 5 seulement, un dysfonctionnement ayant empêché de collecter l'information pour les étoiles.

	USE		OFF	
	nb util.	nb actions	nb util.	nb actions
FA	49**	*	35	57
FC	53**	*	50	69

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Nous avons comparé les interactions avec les fonctionnalités entre les groupes FA et FC à l'aide du test du Khi2. Aucune différence significative n'a été observée pour les interactions de type « USE ». Cependant, pour les actions « OFF », avec 35 utilisateurs ayant fermé des fonctionnalités dans le groupe FA contre 50 dans le groupe FC, les participants sont significativement plus nombreux à fermer des fonctionnalités quand celles-ci sont contre-adaptées ($p = 0{,}034$, $p < 5\%$).

Afin de mieux comprendre d'où sont issues ces interactions, nous pouvons aussi observer avec quelles fonctionnalités ont été réalisées ces interactions. Le tableau 23 présente le nombre d'utilisateurs ayant effectué des interactions de type USE en fonction du groupe et de la fonctionnalité. (Pour rappel, le nombre de participants avec chaque fonctionnalité est présenté dans le tableau 13.)

Tableau 23 Nombre d'utilisateurs ayant interagi avec chaque fonctionnalité dans chaque groupe

n = nb. d'utilisateurs avec interaction, % = pourcentage parmi les utilisateurs ayant la FEL

* Un dysfonctionnement a empêché la collecte de ces valeurs.

USE	Étoiles		Tableau		Astuces		Rando.		Chrono.	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
FA	*	*	3	7%	15	28%	19	**32%**	33	**73%**
FC	*	*	7	12%	16	33%	6	**13%**	29	**54%**
tot.	*	*	10	10%	31	30%	25	24%	61	62%

Nous observons que le nombre d'interactions avec les fonctionnalités est très variable d'une fonctionnalité à l'autre. Il va de 10% des utilisateurs en moyenne pour le tableau de score à 62% en moyenne pour le chronomètre. Concernant le tableau de scores, le nombre d'interactions est trop faible pour permettre une comparaison entre FA et FC. Concernant les astuces, le nombre d'interactions est équivalent pour FA et FC (écart inférieur à 5%). Concernant le randonneur, le nombre d'interactions est significativement plus élevé pour FA que pour FC (confirmé par le test du Khi2 avec $p = 0{,}025$, $p < 5\%$). Concernant le chronomètre, le nombre d'interactions est significativement plus élevé pour FA que pour FC (confirmé par le test du Khi2 avec $p = 0{,}044$, $p < 5\%$).

Le tableau 24 présente le nombre d'utilisateurs ayant fermé des fonctionnalités (interactions de type OFF) en fonction du groupe et de la fonctionnalité.

Tableau 24 Nombre d'utilisateurs ayant fermé chaque fonctionnalité dans chaque groupe

OFF	Étoiles		Tableau		Astuces		Rando.		Chrono.	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
FA	0	0%	8	18%	7	13%	25	**42%**	3	7%
FC	1	6%	17	30%	7	14%	29	**63%**	0	0%
tot.	1	3%	25	25%	14	14%	54	51%	3	3%

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Nous observons que le nombre de fermetures de fonctionnalités est très variable d'une fonctionnalité à l'autre. Il va de 3% des utilisateurs en moyenne pour les étoiles et le chronomètre à 51% en moyenne pour le randonneur. Concernant les étoiles, les astuces et le chronomètre, le nombre de personnes ayant fermé ces fonctionnalités est trop faible pour permettre une comparaison entre FA et FC. Concernant le tableau de scores, le nombre de fermetures est plus élevé dans le groupe FC, mais de façon non significative ($p = 0,15$, $p > 5\%$). Concernant le randonneur, le nombre de fermetures est significativement plus élevé pour le groupe FC ($p = 0,029$, $p < 5\%$). Il nous semble important de mentionner que parmi les commentaires laissés par les utilisateurs, nombre d'entre eux indiquaient que le randonneur les gênait car il prenait trop de place sur l'écran.

4.4.3 Discussion

4.4.3.1 Impact de l'adaptation des fonctionnalités

(H4) Durée d'apprentissage

L'hypothèse (H4) est validée par les résultats : le fait d'avoir des fonctionnalités adaptées a encouragé les utilisateurs à se servir de la plateforme d'apprentissage significativement plus longtemps. Ce résultat a été confirmé que le gain en durée d'apprentissage n'était pas dû à la distribution initiale des fonctionnalités dans l'expérimentation, car l'écart est présent pour deux sous-groupes comportant les mêmes fonctionnalités (2 et 5). Ce résultat valide l'efficacité de notre algorithme de sélection des fonctionnalités adaptées à un utilisateur.

Par ailleurs, les personnes ayant reçu des fonctionnalités contre-adaptées à leur profil ne sont pas restées connectées plus longtemps que les personnes sans aucune fonctionnalité ludique. Nous pouvons en déduire que le fait que les fonctionnalités soient adaptées au profil d'un utilisateur est une condition nécessaire pour que ces fonctionnalités encouragent l'utilisateur à augmenter sa durée d'apprentissage.

(H5) Motivation

L'hypothèse (H5) est validée par les résultats : les utilisateurs avec des fonctionnalités adaptées ont eu un niveau d'amotivation plus bas que ceux avec des fonctionnalités contre-adaptées. Il a été confirmé que la diminution de l'amotivation n'était pas due à la distribution initiale des fonctionnalités dans l'expérimentation, car l'écart était présent pour deux sous-groupes comportant les mêmes fonctionnalités (3 et 4). Ce résultat valide l'efficacité de notre algorithme de sélection des fonctionnalités adaptées à un utilisateur.

Par ailleurs, nous avons observé que la ludification entraîne une diminution significative de la motivation intrinsèque. Ces résultats rejoignent ceux de Deci *et al.*

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

(1999) qui ont démontré l'impact négatif des récompenses sur la motivation intrinsèque. Cependant nous ne pouvons pas comparer ce résultat à d'autres études, car la plupart des expériences sur la ludification ne rapportent pas de résultats sur la motivation intrinsèque.

(H6) Appréciation des fonctionnalités

Contrairement à nos attentes l'hypothèse (H6) n'a pas été validée par les résultats : le niveau d'appréciation des fonctionnalités était identique pour les groupes avec fonctionnalités adaptées et contre-adaptées. Nous interprétons ce résultat par le fait que les utilisateurs ne savent pas consciemment quelle fonctionnalité les motive et correspond à leur profil. Cela peut expliquer pourquoi, lors de l'expérimentation 2, l'approche empirique n'a pas fonctionné : celle-ci était basée sur les notes d'appréciation des utilisateurs pour les fonctionnalités. Cela peut aussi expliquer pourquoi la matrice **R-experts** n'était que faiblement corrélée à la matrice **R** (cf. section 4.3.3).

Cela ne signifie pas que l'approche empirique n'est pas viable. En revanche il est nécessaire que cette méthode soit appliquée sur une variable significative par rapport au degré d'adaptation, ce que l'appréciation des fonctionnalités par les utilisateurs n'est pas. Par la suite nous pouvons envisager de construire empiriquement une A-matrice en se basant sur la durée de l'activité d'apprentissage des utilisateurs ou sur leur niveau d'amotivation, car le lien entre ces variables et le niveau d'adaptation des fonctionnalités a été démontré.

4.4.3.2 Variations selon les fonctionnalités

Toutes les variables étudiées présentent de grands écarts suivant la fonctionnalité observée, qu'il s'agisse du temps passé à apprendre, des composants de la motivation, de l'appréciation des fonctionnalités, ou des traces d'interaction avec des fonctionnalités. Ces différences sont l'une des leçons importantes à tirer de cette expérimentation.

Une seule fonctionnalité semble avoir provoqué une diminution du temps d'entraînement quand elle était adaptée : les étoiles. Notre hypothèse est que les experts ont mal estimé les types de joueurs associés à cette fonctionnalité. En effet, quand un apprenant est sur le point de valider l'acquisition d'une règle en repérant une faute d'orthographe, l'étoile clignote pour le signifier à l'utilisateur. Si la réponse est bonne l'étoile s'allumera définitivement, mais si la réponse est mauvaise le moteur d'Ancrage mémoriel ® considère que la règle n'est pas maîtrisée par l'apprenant et fait redescendre la progression de l'apprenant sur la règle d'orthographe associée. Cette chute n'est pas montrée explicitement par la représentation de la fonctionnalité, mais après quelques erreurs, les apprenants comprennent ce mécanisme et peuvent ressentir la « chute » dans leur progression quand l'étoile s'éteint. Or, d'une part nous avons identifié le risque de chute comme correspondant aux types *surviror* et *daredevil*, alors que d'autre part, les experts ont associé les étoiles au type *survivor* avec une valeur très faible (médiale = 0,13). Si les étoiles ont été attribuées à tort dans le

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

groupe FA à des personnes ayant un score bas pour le type *survivor*, alors il est possible que cette mécanique montrant le risque de chute ait joué un rôle dans l'abandon de certains d'entre eux.

Parmi les quatre autres fonctionnalités, les résultats indiquent que les fonctionnalités 2 et 5 sont celles qui ont l'impact le plus fort sur la durée d'apprentissage, tandis que les fonctionnalités 3 et 4 ont eu un impact relativement faible sur cette durée. Nous nous attendions à ce que la motivation et la durée d'apprentissage soient corrélées. Cependant nous avons découvert que les fonctionnalités 3 et 4 ont eu un impact positif important sur l'amotivation alors que les fonctionnalités 2 et 5 semblent ne pas avoir eu d'impact sur cette variable. Cela suggère qu'il est possible d'agir sur l'amotivation des utilisateurs et sur leur engagement de façon relativement indépendante. Il serait intéressant de poursuivre les expérimentations en utilisant différentes versions des fonctionnalités afin de comprendre précisément comment chaque propriété des FEL agit sur la motivation et l'engagement.

4.4.3.3 Interactions et désactivations

Nous avons observé que les participants avec des fonctionnalités adaptées ont réalisé plus d'interactions avec celles-ci (USE), tandis que les participants avec des fonctionnalités contre-adaptées les ont plus souvent désactivées (OFF). Les interactions UE semblent dont indiquer que la fonctionnalité convient au profil de joueur de l'utilisateur, tandis que l'action OFF semble indiquer qu'elle ne lui convient pas. Ce résultat justifie la manière dont sont prises en compte les interactions USE et OFF dans notre algorithme de mise à jour dynamique du profil : augmentation des valeurs liées à la fonctionnalité dans le premier cas, et diminution dans le second cas.

Par ailleurs, nous avons observé de grandes différences dans le nombre de ces interactions sur ces fonctionnalités. En les observant individuellement, le nombre d'interactions et de désactivations étaient très différents selon les fonctionnalités. Il semble que la décision de d'utiliser (ou fermer) une fonctionnalité est due à de nombreux critères, notamment son emplacement, son ergonomie, etc. Le fait que la fonctionnalité soit adaptée ou non au profil de l'utilisateur joue un rôle dans sa décision de fermer ou non la fonctionnalité, mais ce n'est qu'un critère parmi d'autres. La conception de fonctionnalités ergonomiques et avec lesquelles l'utilisateur souhaitera interagir est donc déterminante pour le succès du processus d'adaptation dynamique du profil de joueur.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

4.5 Conclusion

Nous résumons ici les principaux enseignements tirés des résultats de ces expérimentations :

- Introduire de nombreuses fonctionnalités pour satisfaire les besoins de tous les types de joueurs ne serait pas une stratégie viable.
- La sélection de fonctionnalités adaptées fonctionne avec une A-matrice basée sur l'avis d'experts.
- La A-matrice pour l'adaptation ne peut pas être construite empiriquement en utilisant les notes d'appréciation des utilisateurs pour les fonctionnalités.
- Une fonctionnalité ludique n'encourage les utilisateurs à s'entraîner plus longtemps que si ses mécaniques sont adaptées au profil de joueur de l'apprenant.
- Une fonctionnalité ludique non adaptée au profil de joueur peut augmenter l'amotivation de l'apprenant à utiliser l'environnement.
- Le niveau d'appréciation d'une fonctionnalité par son utilisateur est indépendant de la correspondance entre son profil de joueur et la fonctionnalité.

Plus généralement, l'implantation de notre système de ludification adaptative et les expérimentations réalisées valident l'utilisation du concept de Fonctionnalité Épiphyte Ludique pour l'adaptation. Elles valident également l'utilisation de notre algorithme d'adaptation des fonctionnalités.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

5 Conclusion et perspectives

5.1 Conclusion 124

5.2 Limites et perspectives 126
5.2.1 Les Fonctionnalités Épiphytes Ludiques 126
5.2.1.1 Évaluation du guide de conception 126
5.2.1.2 Des FEL adaptées aux FEL adaptatives 127
5.2.1.3 Avancée de la compréhension de l'impact des FEL 128
5.2.2 Le modèle de joueur 128
5.2.2.1 Vers un modèle de joueur spécifique à la ludification 128
5.2.2.2 Un modèle de joueur spécifique à l'application cible 129
5.2.3 L'adaptation d'après le profil de joueur *130*
5.2.3.1 Variation du nombre de fonctionnalités 130
5.2.3.2 Adaptation contextuelle 130
5.2.4 La mise à jour dynamique du profil de joueur *131*
5.2.4.1 Évaluer l'algorithme d'adaptation dynamique 131
5.2.4.2 Déterminer empiriquement les paramètres d'adaptation
5.2.4.3 Enrichir le modèle de traces 132
5.2.5 La conscience du système et le contrôle sur l'adaptation . . 133
5.2.5.1 Conscience et contrôle pour l'utilisateur 133
5.2.5.2 Conscience et contrôle pour l'administrateur 134
5.2.6 La ludification adaptative à long terme *135*

5.1 Conclusion

Les méthodes issues de la ludification se développent très rapidement depuis quelques années et se répandent dans plusieurs domaines, en particulier celui de l'apprentissage supporté par les technologies informatiques. À travers l'état de l'art de la ludification pour l'apprentissage, nous avons vu que cette approche fonctionne pour motiver les apprenants mais ne prend pas suffisamment en compte les profils de joueur des apprenants.

Nous avons présenté dans cette thèse plusieurs contributions pour répondre à ce besoin. Le composant fondamental du système d'adaptation proposé est la Fonctionnalité Épiphyte Ludique (FEL). Une fonctionnalité de ce type peut être activée ou désactivée indépendamment pour chaque utilisateur. Nous avons défini la structure d'une FEL sur deux niveaux d'abstraction différents. Au niveau le plus abstrait, la FEL est décomposée en 11 propriétés qui déterminent les dynamiques de jeu émergeant pendant son usage. Au niveau le plus concret, la FEL est décomposée en 4 caractéristiques qui spécifient en détails la manière dont celle-ci fonctionne et comment elle est représentée dans l'interface utilisateur.

Cette proposition théorique est accompagnée d'une proposition pratique : un guide de conception de fonctionnalités ludiques utilisable par des

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

concepteurs débutants. Ce guide aide les concepteurs à prendre en compte la diversité des types de joueurs pour que le système de ludification résultant corresponde au mieux à chacun.

La Fonctionnalité Épiphyte Ludique prend place dans une architecture intégrant la ludification comme une surcouche qui peut s'ajouter à des environnements d'apprentissage existants. Alors que les travaux d'adaptation dans les serious games considéraient des objets à la fois pédagogiques et ludiques (scénarios, scènes), nous considérons avec la ludifications des objets ludiques indépendants des objets pédagogiques. Cela permet d'optimiser l'adaptation ludique sans être limité par les contraintes de l'adaptation pédagogique.

Nous avons également proposé un système d'adaptation dynamique de la ludification. L'initialisation des profils de joueurs peut se faire à l'aide d'un questionnaire court (7 items) qui permet d'obtenir les profils avec une précision satisfaisante. Nous formalisons le lien entre fonctionnalités et types de joueurs de façon directe, à travers une matrice élaborée par des experts. Ensuite, le système d'adaptation proposé repose sur deux processus : (1) la sélection des fonctionnalités ludiques adaptées à l'apprenant d'après son profil de joueur, et (2) la mise à jour dynamique du profil de joueur de l'apprenant d'après ses interactions avec les fonctionnalités. L'algorithme de sélection de fonctionnalités adaptées permet d'identifier quelles FEL auront le meilleur impact sur le niveau de motivation de l'utilisateur, ainsi que la durée qu'il passe sur l'environnement d'apprentissage. La mise à jour dynamique est basée sur les interactions entre l'apprenant et les fonctionnalités ludiques. Elle permet de corriger d'éventuelles erreurs lors de l'initialisation, et de tenir compte des évolutions du profil de joueur dans le temps.

Cinq Fonctionnalités Épiphytes Ludiques, accompagnées du moteur d'adaptation ludique, ont été implantées avec succès sur le site d'apprentissage de l'orthographe appelé Projet Voltaire. Cette implantation a montré qu'il est possible d'implanter le moteur d'adaptation de façon générique sous la forme d'une API.

En nous appuyant sur cette implantation, nous avons conduit trois expérimentations en conditions écologiques avec différents publics. Les deux premières expérimentations ont participé à la construction des modèles d'adaptation proposés dans cette thèse. La troisième expérimentation auprès de 266 participants actifs a donné d'importants résultats concernant l'impact de l'adaptation de la ludification sur les apprenants. Les résultats expérimentaux montrent que l'adaptation des fonctionnalités ludiques augmente fortement la durée que les apprenants passent sur le site, et diminue significativement leur amotivation. Il apparaît également que les fonctionnalités

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

impactent la motivation et le temps passé sur l'environnement d'apprentissage de façon très différente selon leur nature.

Par ailleurs, les résultats montrent que la note d'appréciation donnée par un utilisateur à une fonctionnalité est indépendante de l'adaptation de cette fonctionnalité au profil de l'utilisateur. Il n'est donc pas possible de se baser sur l'appréciation des fonctionnalités pour établir les liens entre fonctionnalités et types de joueurs.

Enfin nous avons observé les traces d'interactions des joueurs avec les fonctionnalités. Les variations entre les conditions adaptées et non adaptées confirment une forte corrélation entre d'une part le degré d'adaptation des fonctionnalités au profil de joueur, et d'autre part le nombre et le type d'interactions que l'utilisateur fera avec ces fonctionnalités. Les interactions peuvent donc être vues comme source d'informations sur le profil de joueur pour sa mise à jour régulière. Cependant, l'algorithme de mise à jour proposé doit encore être évalué.

Plusieurs verrous sont encore à lever pour améliorer le système proposé. Nous discutons des perspectives de poursuite de ces travaux dans la partie suivante.

5.2 Limites et perspectives

Les expérimentations conduites nous ont permis de mettre en évidence certaines limites de ces travaux. Le système de ludification adaptative proposé ouvre aussi la voie à de nombreuses perspectives. Elles concernent les quatre aspects sur lesquels est fondé notre système d'adaptation : (1) les Fonctionnalités Épiphytes Ludiques, (2) le modèle de joueur, (3) l'adaptation d'après le profil de joueur et (4) la mise à jour dynamique du profil de joueur. Par ailleurs, deux notions nous semblent intéressantes à développer dans ces travaux : (5) la conscience du système et le contrôle sur l'adaptation.

5.2.1 Les Fonctionnalités Épiphytes Ludiques

5.2.1.1 Évaluation du guide de conception

Le guide de conception de Fonctionnalités Épiphytes Ludiques est le résultat d'une évaluation réalisée sur une version précédente. Les changements ayant été importants, la dernière version du guide mérite donc d'être évaluée à son tour. Nous devons notamment nous assurer que le guide peut bien être appréhendé par des novices en *game design* et ludification.

Nous planifions une évaluation du guide de ludification en octobre/novembre 2015. L'environnement d'apprentissage visé sera le logiciel Puissance 7, un EIAH utilisé en 3ème année de Génie Industriel pour travailler

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

sur la méthodologie de résolution de problèmes. Plusieurs défauts de Puissance 7 ont été mis en évidence, notamment un design graphique vieillissant qui le rend peu attractif. Les participants seront trois groupes de 8 à 9 étudiants. Ils devront travailler sur différents aspects du logiciel pour en proposer une nouvelle version, notamment le scénario pédagogique et le design. Le guide de conception de fonctionnalités ludiques sera l'un des outils à leur disposition.

5.2.1.2 Des FEL adaptées aux FEL adaptatives

Actuellement, l'adaptation des fonctionnalités se fait pas la sélection des fonctionnalités à activer ou non pour un utilisateur donné. En revanche, une fois active, la fonctionnalité est la même pour tous.

Il serait possible d'améliorer le niveau d'adaptation en sélectionnant des éléments à un degré plus fin que celui de la fonctionnalité ludique. **Une nouvelle version de la structure des FEL permettrait alors d'imaginer des fonctionnalités à éléments interchangeables**. Cette perspective est représentée sur la figure 44, dans laquelle deux versions d'une fonctionnalité diffèrent de seulement quelques composants.

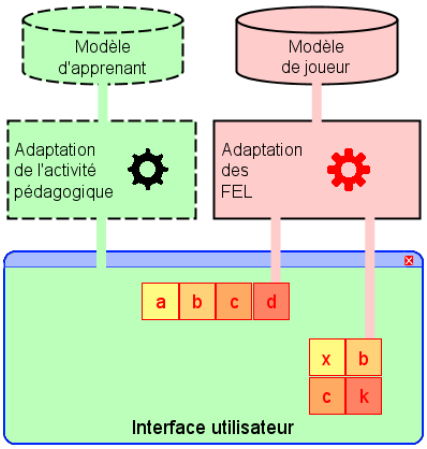


Figure 44 FEL avec caractéristiques interchangeables

Créer des fonctionnalités « en kit » au niveau des propriétés déterminantes permettrait une grande souplesse, mais demanderait un travail conséquent sur l'architecture des FEL. En revanche, décomposer les fonctionnalités au niveau de leurs caractéristiques structurantes serait relativement facile car ce niveau de décomposition est justement proche de l'implémentation. L'élément manquant au modèle serait alors une interface générique entre les différentes caractéristiques des FEL (spécifier par exemple l'interface entre les actions et le fonctionnement).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Le modèle d'adaptation actuel serait tout à fait compatible avec ce nouveau fonctionnement. Nous utiliserions d'une part une grande A-matrice qui associerait les types de joueurs à des caractéristiques de fonctionnalités au lieu des fonctionnalités entières et, d'autre part, une nouvelle table d'incompatibilités désignant les caractéristiques qui ne peuvent pas être associées les unes avec les autres.

5.2.1.3 Avancée de la compréhension de l'impact des FEL

Dans l'ensemble, les fonctionnalités augmentant la durée que passent les utilisateurs sur l'environnement d'apprentissage et leur motivation. Dans le détail, les résultats de l'expérimentation 3 ont révélé que chaque fonctionnalité peut agit de manière particulière sur ces variables. Il serait intéressant de **mieux comprendre quels éléments des fonctionnalités agissent sur tels comportements des apprenants**, et sur quels aspects de leur comportement.

Pour cela, il faudrait implanter de nombreuses fonctionnalités dans différentes versions avec de faibles variations. Celles-ci pourraient ensuite être testées par la répétition de nombreuses expériences comparant deux versions proches, ou par l'utilisation de l'*A/B testing* à grande échelle pour attribuer différentes versions des fonctionnalités aux utilisateurs. Grâce aux résultats, nous pourrons par exemple identifier quelles propriétés ou combinaisons de propriétés sont les plus efficaces pour augmenter la motivation.

5.2.2 Le modèle de joueur

5.2.2.1 Vers un modèle de joueur spécifique à la ludification

La classification de Bartle a été conçue pour aider les concepteurs de MMO (jeux massivement multi-joueurs en ligne). Par la suite elle a été appliquée très largement dans divers types de jeux. Bartle (2012) explique que l'utilisation de son modèle de joueur pour d'autres types de jeux que les MMO revient à enfoncer une vis avec un marteau : cela fonctionne, mais ce n'est pas l'outil le mieux adapté.

BrainHex est une typologie de joueurs facilement adaptable à des contextes différents, et nous avons montré que ce modèle fonctionne pour adapter des éléments de ludification. Cependant BrainHex reste une typologie conçue pour les jeux, et son usage pour la ludification montre ses limites. Par exemple, le type « *survivor* » décrit des personnes appréciant les jeux d'horreur, et ce type de joueur a été difficile à interpréter en termes d'éléments ludiques. C'est notamment le seul type de joueur auquel les experts n'ont associé aucune fonctionnalité avec une valeur supérieure à 0,5.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

L'outil adapté à notre contexte serait alors une typologie de joueurs spécifique à la ludification : notre tournevis. Nous avons montré que l'adaptation d'une fonctionnalité pour un utilisateur n'est pas corrélée avec la note que donnerait l'utilisateur pour cette fonctionnalité. Comme nous ne pouvons pas créer de typologie en demandant leur avis aux joueurs à la manière dont l'ont fait Khan *et al.* (2015), il sera nécessaire de se baser empiriquement sur l'utilisation d'environnements ludifiés.

5.2.2.2 Un modèle de joueur spécifique à l'application cible

Il est également possible de développer une classification qui serait spécifique à une implantation donnée du système de ludification adaptative.

Le système de fonctionnalités épiphytes permet d'activer différentes FEL pour une population, de façon à ce que toutes les fonctionnalités soient testées sur l'ensemble de la population sans que chaque utilisateur n'ait une interface trop chargée. Nous pourrions alors distribuer un ensemble de fonctionnalités aléatoirement dans une population de test comme nous l'avons fait lors de l'expérimentation 2. À partir des résultats, il serait possible d'appliquer une factorisation comme celle proposée par Desmarais *et al.* (2013) pour extraire les types de joueur latents (cf. figure 45), et la A-matrice qui relie ces facteurs latents aux fonctionnalités ludiques.

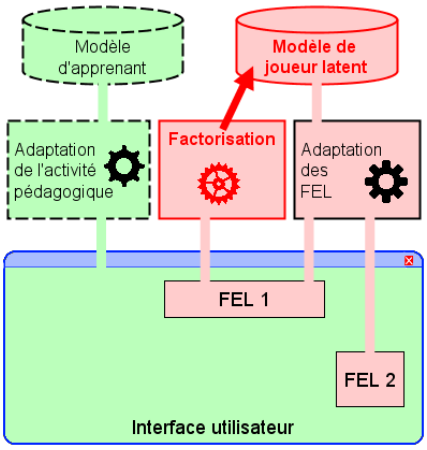


Figure 45 Développement d'un modèle de joueur spécifique à une implantation du système

Il faudra alors veiller à avoir un nombre de fonctionnalités et un nombre d'utilisateurs suffisamment grands, car la factorisation ne peut bien fonctionner que si le nombre de facteurs latents est inférieur à $m*n / (m+n)$, m étant le nombre d'utilisateurs et n étant le nombre de fonctionnalités (Lee et Seung, 1999).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Si cette démarche est appliquée à chaque environnement d'apprentissage ludifié, il serait alors possible de **créer dans chaque cas la typologie qui discrimine le mieux les préférences des joueurs en accord avec l'implantation spécifique du système** dans l'environnement d'apprentissage étudié.

5.2.3 L'adaptation d'après le profil de joueur

5.2.3.1 Variation du nombre de fonctionnalités

Nous avons montré l'intérêt d'adapter le choix des fonctionnalités ludiques, mais il serait également intéressant que le nombre de fonctionnalités actives soit un paramètre sur lequel agirait le moteur d'adaptation de façon autonome.

Les utilisateurs ne souhaitent pas tous avoir le même nombre de fonctionnalités, et ce pour plusieurs raisons. Premièrement, il est probable que des jeunes joueurs, familiers avec les nouvelles technologies puissent apprécier 3 ou 4 fonctionnalités, tandis que des personnes moins habituées à utiliser les nouvelles technologies souhaitent en avoir moins, et apprécient une interface plus simple. Deuxièmement le niveau d'appréciation des jeux est aussi un paramètre à prendre en compte. Si notre modèle prend bien en compte les joueurs dans leur diversité, **il ne prend actuellement pas en compte les non-joueurs**.

Dans le cas où l'adaptation est réalisée sur la base de questionnaires, une piste pourrait être de prendre en compte le score BrainHex moyen de l'utilisateur. En effet, nous avons observé dans les expérimentations 1 et 3 que la moyenne des scores BrainHex d'un utilisateur est fortement corrélée à l'appréciation de l'utilisateur pour les fonctionnalités ludiques, et pourrait alors être interprétée comme un niveau d'appréciation des jeux. Le travail consistera donc à déterminer expérimentalement des seuils de score moyen pour lesquels un utilisateur préférera avoir trois fonctionnalités, deux fonctionnalités, une seule, ou aucune.

5.2.3.2 Adaptation contextuelle

Les fonctionnalités ludiques s'adaptent pour l'instant uniquement au profil personnel de l'utilisateur. Il serait également utile qu'elles s'adaptent à plusieurs caractéristiques liées au contexte, comme le dispositif sur lequel est utilisée l'application ou le contexte d'usage. La prise en compte du contexte pourrait s'appuyer sur le même modèle que l'adaptation au profil de joueur (cf. figure 45).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

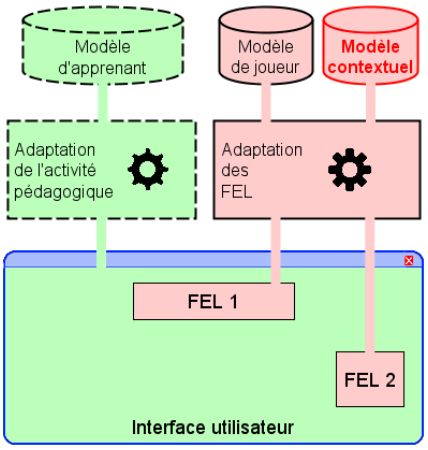


Figure 45 Intégration d'un modèle contextuel

Il faudrait tout d'abord un modèle de contexte contenant un certain nombre de paramètres, puis une matrice associant les fonctionnalités ludiques à ces paramètres : une table de compatibilités. Par exemple, si une plateforme d'apprentissage propose de créer des mini-compétitions contre des utilisateurs proches, alors cette fonctionnalité ne sera compatible qu'avec le **contexte « smartphone géo-localisé »**.

Si la prise en compte du contexte ne représente pas un grand obstacle technique, la difficulté de cette perspective réside dans la construction de la matrice associant les fonctionnalités aux contextes. Construire une telle matrice requiert de vastes connaissances sur l'usage de la ludification dans divers contextes, et/ou l'organisation de nombreuses expérimentations.

5.2.4 La mise à jour dynamique du profil de joueur

5.2.4.1 Évaluer l'algorithme d'adaptation dynamique

Lors de l'expérimentation 3, nous avons montré que certaines fonctionnalités génèrent plus d'interactions (USE) quand elles sont adaptées, et sont plus souvent désactivées (OFF) quand elles sont mal adaptées. Ces observations sont des conditions nécessaires pour le bon fonctionnement du système d'adaptation dynamique du profil de joueur, cependant elles ne sont pas suffisantes pour confirmer son efficacité. Nous proposons des pistes pour évaluer cet algorithme.

Pour cela, nous avons organisé une quatrième expérimentation, dont le protocole complet est disponible en annexe VIII. Pendant le mois d'août 2015, nous avons initialisé aléatoirement les profils de 125 utilisateurs, puis

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

deux premières fonctionnalités leur ont été attribuées d'après ces profils aléatoires. Lorsque les utilisateurs fermaient des fonctionnalités, leur profil était mis à jour en conséquence et une autre fonctionnalité leur était proposée. L'évaluation consistait ensuite à voir si les fonctionnalités recommandées après la mise à jour correspondaient mieux à leur profil de joueur réel.

Comme lors de l'expérience 3, la matrice d'attribution des fonctionnalités a été normalisée. L'expérience n'a pas fonctionné à cause d'un effet de bord inattendu de la normalisation sur la répartition des fonctionnalités. Ce problème devra donc être corrigé avant l'**organisation d'une nouvelle évaluation**.

5.2.4.2 Déterminer empiriquement les paramètres d'adaptation

Lors de l'expérimentation 4, nous avons déterminé la valeur S_{off} à partir d'une simulation du comportement des utilisateurs, afin que cette valeur ajuste les profils des joueurs au plus près de leur profil réel. Il serait maintenant plus pertinent de déterminer les valeurs S_{off} et S_{use} empiriquement à partir des actions réelles des utilisateurs.

Par ailleurs, les résultats de l'expérimentation 3 ont montré les limites du choix d'un paramètre d'adaptation unique pour toutes les fonctionnalités. Dans le modèle actuel, la valeur S_{off} est la même pour toutes les fonctionnalités. Or, la proportion d'utilisateurs fermant une fonctionnalité varie grandement d'une fonctionnalité à l'autre. La valeur de S_{off} devrait donc être fixée en fonction de cela.

Nous avons aussi observé que certaines fonctionnalités ne sont jamais fermées, et que d'autres ne font jamais l'objet d'interactions avec les utilisateurs. Cela pose problème pour l'adaptation dynamique du profil de joueur, car le moteur d'adaptation se retrouve privé d'indices sur le fait que la fonctionnalité convient ou non à l'utilisateur. Une première piste de recherche face à ce problème consiste à améliorer le développement des FEL pour que celles-ci génèrent plus de traces. Une seconde piste réside dans l'idée d'enrichir le modèle de traces pour adapter le profil des joueurs à partir d'autres types d'informations (cf. section suivante).

5.2.4.3 Enrichir le modèle de traces

Le profil de joueur actuel évolue seulement en fonction des interactions avec les fonctionnalités ludiques, or il serait intéressant de considérer des sources de traces supplémentaires (cf. figure 47).

Le moteur d'adaptation pédagogique ne peut pas dépendre du modèle de joueur, car le système de ludification intervient comme une surcouche à l'environnement d'apprentissage. En revanche, il est tout à fait possible que **le moteur d'adaptation ludique utilise des informations issues**

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

du modèle d'apprenant. En particulier, les interactions de l'apprenant avec les éléments de l'activité pédagogiques ont été utilisées dans certains environnements pour mesurer diverses formes d'engagement (Bouvier *et al.*, 2014b) et détecter un décrochage de l'utilisateur (Beck, 2005). Le fait qu'un utilisateur soit sur le point de décrocher révèle probablement que les fonctionnalités présentes dans son interface ne sont pas bien adaptées à son profil.

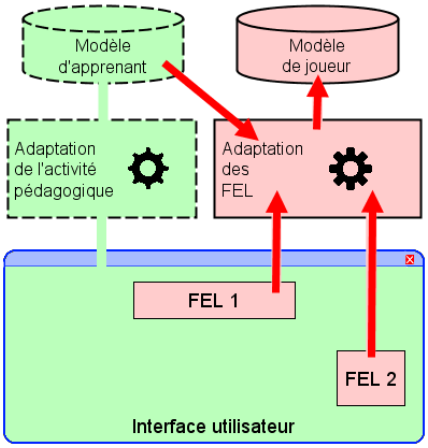


Figure 47 Sources d'enrichissement du modèle de traces

Les interactions avec les fonctionnalités ludiques pourraient également être considérées plus en profondeur. Actuellement le modèle considère les interactions de type « USE » sans distinction, mais les interactions avec les fonctionnalités sont de natures variées. Par exemple avec la fonctionnalité des astuces (cf. section 4.1.2.3), si un utilisateur crée une astuce et la partage pour qu'elle soit utilisable par d'autres, cela révèle probablement une sensibilité liée au type *Socializer*. En revanche, si un utilisateur sélectionne une astuce pour l'aider à mémoriser une règle, alors le lien de cette action avec le type de joueur est moins évident. Une future version du modèle d'adaptation devrait donc **prendre en considération les divers types d'interactions**.

5.2.5 La conscience du système et le contrôle sur l'adaptation

5.2.5.1 Conscience et contrôle pour l'utilisateur

Quand un site web recommande un produit ou une musique à un utilisateur, celui-ci sait généralement qu'il y a un système de recommandation derrière le choix qui lui est proposé, et que cette recommandation est issue de ses choix/achats précédents. Avec le système de ludification adaptative, quand une nouvelle fonctionnalité est attribuée à l'utilisateur, celui-ci ne sait pas comment elle a été choisie, mais surtout il ne sait pas qu'il y en a d'autres.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Il peut donc être désorienté lorsqu'il verra un autre utilisateur dont l'interface est différente, et se retrouver à chercher en vain des options de paramétrage qui n'existent pas, ceci affaiblissant son sentiment de contrôle sur le système.

Un utilisateur peut rejeter un système dont il ne comprend pas le fonctionnement, il est donc utile de lui donner les moyens de le comprendre. En anglais on parle d'*awareness.* Nous avons montré à travers les résultats de l'expérimentation 3 qu'il n'est pas judicieux de laisser à l'utilisateur le choix des fonctionnalités ludiques à activer dans son environnement. Pour autant, il n'est pas non plus nécessaire de rendre secret la manière dont est fait ce choix. Nous considérerons donc en perspective des moyens de **rendre le fonctionnement du système d'adaptation plus transparent pour l'utilisateur**.

5.2.5.2 Conscience et contrôle pour l'administrateur

Les problématiques de la conscience du système et du contrôle sur l'adaptation sont également valables pour l'administrateur du système. En effet, un administrateur aura plus de mal à gérer un système dont il ne comprend pas le fonctionnement.

Pour remédier à cette problématique, nous envisageons de **fournir à l'administrateur une interface de paramétrage accompagnant l'environnement d'apprentissage ludifié**. Celle-ci lui permettrait entre-autres (1) de visualiser quelles fonctionnalités sont attribuées à chaque apprenant, (2) d'activer manuellement une fonctionnalité pour l'ensemble des apprenants, ou encore (3) de désactiver une fonctionnalité pour l'ensemble d'un groupe d'apprenants si elle ne semble pas adaptée à son contexte (cf. figure 48).

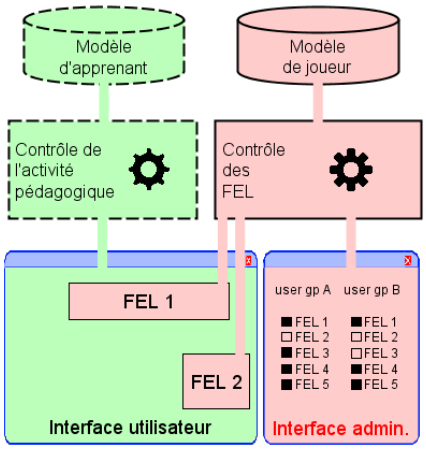


Figure 48 Une interface de paramétrage pour l'administrateur

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

5.2.6 La ludification adaptative à long terme

Face à cette problématique nouvelle qu'est celle de la ludification adaptative, nous avons proposé un ensemble de contributions formant un système fonctionnel et expérimentalement validé.

Les perspectives sur la poursuite de ces travaux sont nombreuses. Elles concernent des aspects très différents du projet (modèle d'adaptation, modèle de joueur, fonctionnalités ludiques, etc.), mais peuvent toutes être perçues comme des extensions compatibles avec le système existant, présenté comme contribution de cette thèse.

Si nous avons l'occasion de poursuivre ces travaux, nous continuerons à nous diriger vers un système

- plus efficace (améliorer la motivation par une adaptation plus précise),
- plus automatisé (améliorer la prédiction du profil de joueur à partir des traces pour rendre le questionnaire initial optionnel),
- plus générique (créer des fonctionnalités épiphytes génériques, pouvant être rapidement intégrées à un nouvel environnement d'apprentissage),
- et plus transparent (améliorer l'*awareness* pour que l'utilisateur comprenne et accepte le système).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Bibliographie

Ayers, E., Nugent, R., & Dean, N. (2009). A Comparison of Student Skill Knowledge Estimates. *International Working Group on Educational Data Mining*.

Badgeville. (2011). Game Mechanics. Accessible sur https://badgeville.com/wiki/Game_Mechanics, consulté en juillet 2015.

Bartle, R. (1996). Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. Journal of MUD research, 1(1), 19.

Bartle, R. A. (2004). Designing virtual worlds. *New Riders*.

Bartle, R. (2012). Player Type Theroy, Uses and Abuses. Présentation réalisée à la conférence Casual Connect 2012, Hambourg, Allemagne. Accessible sur https://www.youtube.com/watch?v=ZIzLbE-93nc, consulté en juillet 2015.

Barata, G., Gama, S., Jorge, J., & Gonçalves, D. (2013). Improving participation and learning with gamification. In Proceedings of the *First International Conference on Gameful Design, Research, and Applications* (p. 10–17). ACM.

Bateman, C., & Boon, R. (2005). 21st Century Game Design (Game Development Series). Charles River Media, Inc.

Beck, J. (2005). Engagement tracing: using response times to model student disengagement. Artificial intelligence in education: Supporting learning through intelligent and socially informed technology, 125, 88.

Bell, K. (2014). Online 3.0 : The Rise of the gamer educator, The potential role of gamification in online education. Thèse en management, à l'université de Pennsylvanie.

Bíró, G. I. (2014). Didactics 2.0: A Pedagogical Analysis of Gamification Theory from a Comparative Perspective with a Special View to the Components of Learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 141, 148-151. http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.027

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Bodin, M., Marty, J.-C., & Carron, T. (2011). Specifying Collaborative Tools in Game-Based Learning Environments: Clues from the trenches. In *European Conference on Game Based Learning* 2011 (p. 46–56).

Bogost,I. (2011). Persuasive Games : Exploitationware. Gamasutra. Accessible sur http://www.gamasutra.com/view/feature/6366/persuasive_games_exploitationware.php, consulté en août 2015.

Bonenfant, M., & Genvo, S. (2014). Une approche située et critique du concept de gamification. *Sciences du jeu*, (2).

Bouvier, P., Lavoué, E., & Sehaba, K. (2014a). Defining Engagement and Characterizing Engaged-Behaviors in Digital Gaming. Simulation & Gaming, 1046878114553571.

Bouvier, P., Sehaba, K., & Lavoué, E. (2014b). A trace-based approach to identifying users' engagement and qualifying their engaged-behaviours in interactive systems: application to a social game. User Modeling and User-Adapted Interaction, 24(5), 413-451.

Brito, J., Vieira, V., & Duran, A. (2015). Towards a Framework for Gamification Design on Crowdsourcing Systems: The G.A.M.E. Approach (p. 445-450). IEEE. http://doi.org/10.1109/ITNG.2015.78

Brusilovsky, P., & Millán, E. (2007). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. In *The adaptive web* (p. 3–53). Springer-Verlag.

Buckley, P., & Doyle, E. (2014). Gamification and student motivation. *Interactive Learning Environments*, 1-14. http://doi.org/10.1080/10494820.2014.964263

Bunchbal. (2010). Gamification 101: an introduction to the use of game dynamics to influence behaviors. Accessible sur http://www.bunchball.com/sites/default/files/downloads/gamification101.pdf, consulté en août 2015.

Caillois, R. (1958). Les jeux et les hommes, Paris: Gallimard (éd. revue et augmentée, 1967).

Caillois, R. (1961). Man, Play, and Games (Translated by Meyer Barash). *The free press*. New York.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Callan, R. C., Bauer, K. N., & Landers, R. N. (2015). How to Avoid the Dark Side of Gamification: Ten Business Scenarios and Their Unintended Consequences. In T. Reiners & L. C. Wood (éd.), *Gamification in Education and Business* (p. 553-568). Cham: Springer International Publishing.

Charles, D., Kerr, A., McNeill, M., McAlister, M., Black, M., Kücklich, J., Moore, A., Stringer, K. (2005). Player-centred game design: Player modelling and adaptive digital games. In *Proceedings of the Digital Games Research Conference* (Vol. 285).

Charles, M.-T., Bustard, D., & Black, M. (2009). Game Inspired Tool Support for e-Learning Processes. *Electronic Journal of e-Learning*, 7(2), 101–110.

Charlier, N., Michela, O., Remmele, B., & Whitton, N. (2012). Not Just for Children: Game-Based Learning for Older Adults. In 6th *European Conference on Games Based Learning*, Cork, Ireland (p. 102–108).

Challco, G. C., Moreira, D. A., Mizoguchi, R., & Isotani, S. (2014). An Ontology Engineering Approach to Gamify Collaborative Learning Scenarios. In *Collaboration and Technology* (Vol. 8658, p. 185-198). Cham: Springer International Publishing.

Challco, G. C., Moreira, D. A., Bittencourt, I. I., Mizoguchi, R., & Isotani, S. (2015). Personalization of Gamification in Collaborative Learning Contexts using Ontologies. Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina), 13(6), 1995–2002.

Codish, D., & Ravid, G. (2014). Personality based gamification-Educational gamification for extroverts and introverts. In Proceedings of the 9th Chais *Conference for the Study of Innovation and Learning Technologies: Learning in the Technological Era*.

Coronado Escobar, J. E., & Vasquez Urriago, A. R. (2014). Gamification: an effective mechanism to promote civic engagement and generate trust? In *Proceedings of the 8th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance* (p. 514–515). ACM.

Csikszentmihalyi, M. (1991). Flow: The psychology of optimal experience (Vol. 41). HarperPerennial New York.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Deci, E. L., Koestner, R., & Ryan, R. M. (1999). A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological bulletin*, 125(6), 627.

Denny, P. (2013). The effect of virtual achievements on student engagement. In Proceedings of the *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (p. 763–772). ACM.

Desmarais, M. C., Beheshti, B., & Naceur, R. (2012a). Item to skills mapping: deriving a conjunctive q-matrix from data. *In Intelligent Tutoring Systems* (p. 454–463). Springer.

Desmarais, M. C., & Baker, R. S. (2012b). A review of recent advances in learner and skill modeling in intelligent learning environments. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 22(1-2), 9–38.

Desmarais, M. C., & Naceur, R. (2013). A Matrix Factorization Method for Mapping Items to Skills and for Enhancing Expert-Based Q-Matrices. In Artificial Intelligence in Education (p. 441–450). Springer.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011a). From game design elements to gamefulness: defining gamification. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (p. 9–15).

Deterding, S. (2011b). Quick Buck by Copy and Paste. Gamification-research.org, Accessible sur http://gamification-research.org/2011/09/a-quick-buck-by-copy-and-paste/, consulté en août 2015.

Deterding, S. (2011c). Situated motivational affordances of game elements: A conceptual model. In Gamification: Using Game Design Elements in Non-Gaming Contexts, a workshop at CHI.

Domínguez, A., Saenz-de-Navarrete, J., de-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., & Martínez-Herráiz, J.-J. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers & Education*, 63, 380-392. http://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.020

Dressen, M. A. (2015).f Beyond the One-Armed Bandit: Slot Machines, Gamification, and Usability. Technical Communication Capstone Course. Paper 7. Accessible sur http://cornerstone.lib.mnsu.edu/eng_tech_comm_capstone_course/7, consulté en août 2015.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Eglesz, D., Fekete, I., Kiss, O. E., & Izso, L. (2005). Computer games are fun? On professional games and players' motivations. *Educational Media International*, 42(2), 117–124.

Exton, G., & Murray, L. (2014). Motivation: a proposed taxonomy using gamification. Consulté à l'adresse http://ulir.ul.ie/handle/10344/4279

Fenouillet, F., & Tomeh, B. (1998). La motivation agit-elle sur la mémoire. *Éducation permanente*, 136(10), 37–45.

Ferro, L. S., Walz, S. P., & Greuter, S. (2013). Towards personalised, gamified systems: an investigation into game design, personality and player typologies. In Proceedings of The 9th Australasian Conference on Interactive Entertainment: Matters of Life and Death (p. 7).

Ferro, L. S., Walz, S. P., & Greuter, S. (2014). Gamicards-An alternative method for paper-prototyping the design of gamified systems. In *Entertainment Computing–ICEC 2014* (p. 11–18). Springer.

Fitz-Walter, Z. J. (2015). Achievement unlocked: Investigating the design of effective gamification experiences for mobile applications and devices. Thèse en ingénierie des systèmes d'information, à l'université de Queensland. Consulté à l'adresse http://eprints.qut.edu.au/83675/

Fowler, M. (2005). Event Sourcing. Accessible sur http://www.martinfowler.com/eaaDev/EventSourcing.html, consulté en juillet 2015.

Fullerton, T. (2008). Game Design Workshop, second edition. *Burlington: Elsevier*.

Kumar, J., & HERGER, M. (2013). Gamification at Work: Designing Engaging Business Software. Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation.

Game On! Lab (2013). Toolkit. Présenté sur la page http://www.gameonlab.com/toolkit/, consultée en juillet 2015.

George, S. (2010). Interactions et communications contextuelles dans les environnements informatiques pour l'apprentissage humain. INSA de Lyon. Habilitation à Diriger des Recherches présentée devant l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon et L'Université de Lyon 1

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Ginon, B., Jean-Daubias, S., Champin, P. A., & Lefevre, M. (2014). aLDEAS: un langage de définition de systèmes d'assistance épiphytes (Prix du meilleur article d'IC2014). In *IC-25èmes Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances* (pp. 137-148).

Giroux, S., Pachet, F., Paquette, G., & Girard, J. (1995). Des systèmes conseillers épiphytes. *Revue d'intelligence artificielle*, 9(2), 165–190.

Göbel, S., Wendel, V., Ritter, C., & Steinmetz, R. (2010). Personalized, adaptive digital educational games using narrative game-based learning objects. In *Entertainment for Education. Digital Techniques and Systems* (p. 438–445). Springer.

Groh, F. (2012). Gamification: State of the art definition and utilization. Institute of Media Informatics Ulm University, vol. 39. (p.39-46)

Guay, F., Vallerand, R. J., & Blanchard, C. (2000). On the assessment of situational intrinsic and extrinsic motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS). Motivation and emotion, 24(3), 175–213.

Guardiola, E., & Natkin, S. (2015). A Game Design Methodology for Generating a Psychological Profile of Players. In *Serious Games Analytics* (p. 363–380). Springer.

Hamari, J., & Eranti, V. (2011). Framework for designing and evaluating game achievements. Proc. DiGRA 2011: Think Design Play, 115(115), 122–134.

Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work?—A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. In *Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences*. HICSS.

Hamari, J. (2015). Do badges increase user activity? A field experiment on the effects of gamification. *Computers in Human Behavior*.

Hamzah, W. M. A. F. W., Ali, N. H., Saman, M. Y. M., Yusoff, M. H., & Yacob, A. (2015). Influence of Gamification on Students' Motivation in using E-Learning Applications Based on the Motivational Design Model. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 10(2), pp–30.

Heeter, C., Lee, Y.-H., Medler, B., & Magerko, B. (2011). Beyond player types: gaming achievement goal. In *Proceedings of the 2011 ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games* (p. 43–48). ACM.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Hocine, N., Gouaïche, A., Di Loreto, I., & Abrouk, L. (2011). Techniques d´adaptation dans les jeux ludiques et sérieux. *Revue d'intelligence artificielle*, 25(2), 253-280. http://doi.org/10.3166/ria.25.253-280

Höglund, P. (2014). Gamification in Training : Engagement and Motivation. Thèse en management, à Hanken School of Economics, Helsinki

Holland, J. L. (1966). The psychology of vocational choice, a theory of personality types and model environments. *Waltham, MA: Blaisd.*

Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI* (p. 04–04).

Huotari, K., & Hamari, J. (2012). Defining gamification: a service marketing perspective. *In Proceeding of the 16th International Academic MindTrek Conference* (pp. 17-22). ACM.

Jiménez, S. (2013). Gamification Model Canvas. Accessible sur http://www.theloyaltygames.com/wp-content/uploads/2014/07/gamification_model_canvas.pdf, consulté en juillet 2015.

Kallio, K. P., Mäyrä, F., & Kaipainen, K. (2011). At least nine ways to play: approaching gamer mentalities. *Games and Culture*, 6(4), 327–353.

Kapp, K. M. (2012). The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education. John Wiley & Sons.

Kapp, K. (2013). Two Types of Gamification. Sur le blog *Kapp notes*, accessible sur http://karlkapp.com/two-types-of-gamification/, consulté en août 2015.

Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. *Instructional design theories and models: An overview of their current status, 1*, 383-434.

Klock, A. C. T., da Cunha, L. F., de Carvalho, M. F., Rosa, B. E., Anton, A. J., & Gasparini, I. (2015). Gamification in e-Learning Systems: A Conceptual Model to Engage Students and Its Application in an Adaptive e-Learning System. In Learning and Collaboration Technologies (p. 595–607). Springer.

Knutas, A., Ikonen, J., Nikula, U., & Porras, J. (2014). Increasing collaborative communications in a programming course with gamification: a case study (p. 370-377). *ACM Press*. http://doi.org/10.1145/2659532.2659620

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Kobsa, A., Koenemann, J., & Pohl, W. (2001). Personalised hypermedia presentation techniques for improving online customer relationships. The Knowledge Engineering Review, 16(02), 111. http://doi.org/10.1017/S0269888901000108

Koivisto, J., & Hamari, J. (2014). Demographic differences in perceived benefits from gamification. *Computers in Human Behavior*, *35*, 179-188. http://doi.org/10.1016/j.chb.2014.03.007

Kotaku. (2012). They've Narrowed Gamers Down to Eight Fundamental Types. Which Are You? Accessible sur http://kotaku.com/5938464/theyve-narrowed-gamers-down-to-eight-fundamental-types-which-are-you, consulté en août 2015.

Kumar, J., & Herger, M. (2013). Gamification at work: Designing engaging business software (pp. 528-537). Springer Berlin Heidelberg.

Kumar, J. (2015). Gamification at work. Présentation à TEDxGraz, accessible sur https://www.youtube.com/watch?v=6wk4dkY-rV0, consulté en août 2015.

Kücklich, J. (2005). Precarious playbour: Modders and the digital games industry. *fibreculture*, 5, FJC-025.

Kuo, M.-S., Chuang, T.-Y., Chuang, T.-C., Chen, P.-Y., & Lin, H.-C. (2014). Gamification in Academia Practice–What Motivate Users Most. Présenté à Proceedings of the *22nd International Conference on Computers in Education*, Japon.

Lavoué, É. (2012). Towards social learning games. In *Advances in Web-Based Learning-ICWL* 2012 (p. 170–179). Springer.

Laws, R. (2002). Robin's laws of good game mastering. *Steve Jackson Games Incorporated*.

Lazzaro, N. (2004). Why we play games : Four Keys to More Emotion Without Story.

Lee, D. D., & Seung, H. S. (1999). Learning the parts of objects by non-negative matrix factorization. *Nature*, 401(6755), 788–791.

Liaw, S.-S. (2008). Investigating students' perceived satisfaction, behavioral intention, and effectiveness of e-learning: A case study of the Blackboard system.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Computers & Education, 51(2), 864-873. http://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.09.005

Malone, T. W., & Lepper, M. R. (1987). Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning. *Aptitude, learning, and instruction*, 3, 223–253.

Manrique, V. *The 35 Gamification Mechanics toolkit v2.*0. Accessible sur http://www.epicwinblog.net/2013/10/the-35-gamification-mechanics-toolkit.html, consulté en juillet 2015.

Marfisi-Schottman, I., George, S., & Tarpin-Bernard, F. (2010). Tools and methods for efficiently designing serious games. In Proceedings of the 4th Europeen Conference on Games Based Learning ECGBL (p. 226–234).

Mariais, C. (2012). Modèles pour la conception de Learning Role-Playing Games en formation professionnelle. Thèse à l'Université de Grenoble.

Marache-Francisco, C., & Brangier, E. (2013). Process of Gamification. From the Consideration of Gamification to its Practical Implementation. Présenté à The *Sixth International Conference on Advances in Human oriented and Personalized Mechanisms, Technologies, and Services (CENTRIC 2013)*, Venice, Italy.

Marczewski, A. (2013). User Types in Gamification – Part 2: Players and Balance. Accessible sur http://www.gamified.uk/2013/02/04/user-types-in-gamification-part-2-players/, consulté en août 2015.

Marne, B., Carron, T., & Labat, J.-M. (2013). Modélisation des parcours pédago-ludiques pour l'adaptation des jeux sérieux. In Actes de la Conférence *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH)* 2013 (p. 55–66).

Marache-Francisco, C. (2014). Gamification des interactions humain-technologie : représentation, conception et évaluation d'un guide pour la gamification des interfaces. Thèse en ergonomie à l'université de Lorraine.

Marache-Francisco, C., & Brangier, E. (2015). Gamification and human-machine interaction: a synthesis. *Le travail humain*, 78(2), 165–189.

McCallum, S. (2012). Gamification and serious games for personalized health. *Stud Health Technol Inform*, 177, 85–96.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

McGinnis, T., Bustard, D. W., Black, M., & Charles, D. (2008). Enhancing e-learning engagement using design patterns from computer games. In *First International Conference on Advances in Computer-Human Interaction* (p. 124–130).

McMahon, N., Wyeth, P., & Johnson, D. (2012). Personality and player types in Fallout New Vegas (p. 113-116). ACM Press. http://doi.org/10.1145/2367616.2367632

Michael, D. R., & Chen, S. L. (2005). Serious games: Games that educate, train, and inform. Muska & Lipman/Premier-Trade.

Monterrat, B., Lavoué, E., & George, S. (2012). Learning game 2.0: Support à l'Apprentissage Collaboratif par la Modification de Jeux Vidéo. *Dans Conférence TICE 2012, Lyon, France. pp. 98-109.*

Muletier, C., Bertholet, G., & Lang, T. (2014). La gamification: ou l'art d'utiliser les mécaniques du jeu dans votre business. Editions Eyrolles.

Myers, I. B., McCaulley, M. H., & Most, R. (1985). Manual, a guide to the development and use of the Myers-Briggs type indicator. *Consulting Psychologists Press*.

Nacke, L. E., Bateman, C., & Mandryk, R. L. (2011). BrainHex: Preliminary Results from a Neurobiological Gamer Typology Survey. In *ICEC* (p. 288–293). Springer.

Nacke, L. E., Bateman, C., & Mandryk, R. L. (2014). BrainHex: A neurobiological gamer typology survey. *Entertainment Computing*, 5(1), 55-62. http://doi.org/10.1016/j.entcom.2013.06.002

Nah, F. F.-H., Telaprolu, V. R., Rallapalli, S., & Venkata, P. R. (2013). Gamification of education using computer games. In *Human Interface and the Management of Information. Information and Interaction for Learning, Culture, Collaboration and Business*, (p. 99–107). Springer.

Natkin, S., Yan, C., Jumpertz, S., & Market, B. (2007). Creating Multiplayer Ubiquitous Games Using an Adaptive Narration Model Based on a User's Model. In *Digital Games Research Association International Conference (DiGRA 2007)*.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Nicholson, S. (2012). A user-centered theoretical framework for meaningful gamification. Proceedings GLS, 8.

O'Donnell, C. (2014). Getting Played: Gamification and the Rise of Algorithmic Surveillance. *Surveillance & Society*, 12(3), 349–359.

Ong, D., Yeng, C. Y., Hong, C. W., & Young, K. T. (2013). Motivation of earning : an Assessment of the Practicality and Effectiveness of Gamification Within a Tertiary Education System in Malaysia. Présenté à *World Academy of Researchers, Educators, and Scholars in Business, Social Sciences, Humanities and Education* (Vol. 1, p. 131-146).

Orji, R., Mandryk, R. L., Vassileva, J., & Gerling, K. M. (2013). Tailoring persuasive health games to gamer type. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (p. 2467–2476). ACM.

Pedersen, C., Togelius, J., & Yannakakis, G. N. (2010). Modeling player experience for content creation. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 2(1), 54–67.

Peirce, N., Conlan, O., & Wade, V. (2008). Adaptive educational games: Providing non-invasive personalised learning experiences. In Second *IEEE International Conference on Digital Games and Intelligent Toys Based Education*, 2008 (p. 28–35). IEEE.

PlayGen. (2012). Make games by playing one. Accessible sur http://gamification.playgen.com/, consulté en juillet 2015.

Prensky, M. (2001). Digital game-based learning. New York: McGraw-Hill.

Robinson, D., & Bellotti, V. (2013). A preliminary taxonomy of gamification elements for varying anticipated commitment. In Proc. *ACM CHI 2013 Workshop on Designing Gamification: Creating Gameful and Playful Experiences*.

Robson, K., Plangger, K., Kietzmann, J. H., McCarthy, I., & Pitt, L. (2015). Is it all a game? Understanding the principles of gamification. *Business Horizons.*

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Ryan, R. M., Rigby, C. S., & Przybylski, A. (2006). The Motivational Pull of Video Games: A Self-Determination Theory Approach. *Motivation and Emotion*, 30(4), 344-360. http://doi.org/10.1007/s11031-006-9051-8

Sailer, M. (2013). Psychological Perspectives on Motivation Through Gamification. *Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A*, p.28-37.

Sanchez, E., Young, S., & Jouneau-Sion, C. (2015). Classcraft: de la gamification à la ludicisation. Dans : Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), Agadir, Maroc. 2015

Schell, J. (2008). The Art of Game Design - A book of Lenses.

Schonfield, E. (2010). SCVNGR's Secret Game Mechanics Playdeck. Accessible sur http://techcrunch.com/2010/08/25/scvngr-game-mechanics/, consulté e juillet 2015.

Shrout, P. E., & Fleiss, J. L. (1979). Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychological bulletin*, 86(2), 420.

Sicart, M. (2008). Defining game mechanics. *Game Studies, 8(2)*, 1–14.

South Park. (2014). South Park, Saison 18, Episode 6 : « Freemium isn't free ». L'extrait dans lequel est caricaturée la ludification est disponible sur https://www.youtube.com/watch?v=2luhwy3KAE0, consulté en août 2015.

Stjrning, J. (2010). Progress Wars, jeu en ligne disponible sur http://www.progresswars.com/, consulté en août 2015.

Stusak, S., Tabard, A., Sauka, F., Khot, R. A., & Butz, A. (2014). Activity sculptures: Exploring the impact of physical visualizations on running activity. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 20(12), 2201–2210.

Szilas, N., & Sutter Widmer, D. J. (2009). Mieux comprendre la notion d'intégration entre apprentissage et jeu. Atelier *Jeux Sérieux*, associé à la conférence EIAH 2009, le Mans, France.

Swacha, J. (2014). An Architecture of a Gamified Learning Management System. In Y. Cao, T. Väljataga, J. K. T. Tang, H. Leung, & M. Laanpere (éd.), New Horizons in Web Based Learning (Vol. 8699, p. 195-203). Cham: Springer International Publishing.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Tatsuoka, K. K. (1983). Rule space: An approach for dealing with misconceptions based on item response theory. *Journal of educational measurement*, *20*(4), 345–354.

Tchounikine, P. (2002). Quelques éléments sur la conception et l'ingénierie des EIAH. In Actes des 2ème assises nationales du GdR I3-Groupe de Recherche Information Interaction Intelligence, décembre 2002 (p. 13–pages).

Thai-Nghe, N., Drumond, L., Horváth, T., Krohn-Grimberghe, A., Nanopoulos, A., & Schmidt-Thieme, L. (2011). Factorization techniques for predicting student performance. Educational Recommender Systems and Technologies: Practices and Challenges, 129–153.

Thom, J., Millen, D., & DiMicco, J. (2012). Removing gamification from an enterprise SNS. In Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work (p. 1067–1070). ACM.

Thue, D., Bulitko, V., Spetch, M., & Wasylishen, E. (2007). Interactive Storytelling: A Player Modelling Approach. In *AIIDE* (p. 43–48).

Togelius, J., De Nardi, R., & Lucas, S. M. (2007). Towards automatic personalised content creation for racing games. In *IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games*, 2007. CIG 2007. (p. 252–259).

Tuunanen, J., & Hamari, J. (2012). Meta-synthesis of player typologies. In *Proceedings of Nordic Digra 2012 Conference: Games in Culture and Society,* Tampere, Finland.

VanLehn, K., Niu, Z., Siler, S., & Gertner, A. S. (1998). Student modeling from conventional test data: A Bayesian approach without priors. In *Intelligent Tutoring Systems* (p. 434–443). Springer.

Vassileva, J. (2012). Motivating participation in social computing applications: a user modeling perspective. User Modeling and User-Adapted Interaction, 22(1-2), 177–201.

Venhuizen, N., Basile, V., Evang, K., & Bos, J. (2013). Gamification for word sense labeling. In Proc. 10th International Conference on Computational Semantics (IWCS-2013) (p. 397–403).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Viau, R. (2002). La motivation des élèves en difficulté d'apprentissage : une problématique particulière pour des modes d'intervention adaptés. Présenté au colloque *Difficulté d'apprendre, Difficulté d'enseigner*, Luxembourg, Luxembourg.

Viuz. (2013). *The players : qui sont les joueurs payants au sein des jeux freemium ? Accessible sur* http://www.viuz.com/2013/09/13/the-players-qui-sont-les-joueurs-payants-au-sein-des-jeux-freemium/*, consulté en août 2015.*

Projet Voltaire. (2015). Baromètre Voltaire : Les Français et l'orthographe, 1re édition. Accessible sur http://www.projet-voltaire.fr/documents/barometre_voltaire.pdf, consulté en août 2015.

Werbach, K., & Hunter, D. (2012). For the win: How game thinking can revolutionize your business. Wharton Digital Press.

Whitton, N. (2010). Game engagement theory and adult learning. *Simulation & Gaming*.

Wilson, A. S., & McDonagh, J. E. (2014). A Gamification Model to Encourage Positive Healthcare Behaviours in Young People with Long Term Conditions. *EAI Endorsed Transactions on Game-Based Learning, 1(2), e3. http://doi.org/10.4108/sg.1.2.e3*

Xu, Y., & Tang, Y. (2015). Based on Action-Personality Data Mining, Research of Gamification Emission Reduction Mechanism and Intelligent Personalized Action Recommendation Model. In P. L. P. Rau (éd.), *Cross-Cultural Design Methods, Practice and Impact* (Vol. 9180, p. 241-252).

Yasumasa, S., & Tezuka, T. (2013). Verification of component validity in gamification. Présenté à *The 5th International Workshop with Mentors on Databases, Web and Information Management for Young Researchers (iDB Workshop 2013)*, Sapporo, Japan

Yee, N. (2006). Motivations for play in online games. *CyberPsychology & Behavior*, 9(6), 772–775.

Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). Gamification by Design: Implementing game mechanics in web and mobile apps. O'Reilly Media, Inc.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Annexes

I Publications et communications 151
A Publications scientifiques issues des travaux de thèse
B Publications scientifiques issues du stage de recherche
C Publications et actions de vulgarisation issues des travaux de thèse

II Guide de conception de fonctionnalités ludiques [version 1] 153
A Introduction au processus de ludification
B Processus de conception d'une fonctionnalité ludique
C1 Eléments à compléter pour la création de fonctionnalités ludiques
C2 Mécaniques pour déterminer les types de joueurs liés à un élément
C3 Les types de joueurs du profil BrainHex

III Evaluation du guide de conception de fonctionnalités ludiques [version 1] 159
A Grille d'entretien semi-directif
B Notes d'entretien sur le contexte d'utilisation
C Notes d'observation de la réunion de conception
D Notes d'entretien sur l'utilisation du guide
E Conclusions sur les avantages et les points faibles du guide

IV Guide de conception de Fonctionnalités Epiphytes Ludiques [version 2] 163
A Introduction
B Règles de définition
C Propriétés des FEL
D Types de joueurs
E Processus de conception
C1 Détail des propriétés
C2 Détail des types de joueurs
C3 Exemple de fiche de spécifications complétée

V Questionnaire BrainHex en Français 179

VI Questionnaire final de l'expérience 1 182

VII Questionnaire de motivation 183

VIII Protocole d'évaluation de l'algorithme de mise à jour du profil 184
A Hypothèses de recherche
B Matériel
C Protocole

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Annexe I : Publications et communications

A. Publications scientifiques issues des travaux de thèse

Conférences internationales avec comité de lecture et actes

A Player Model for Adaptive Gamification in Learning Environments. B. Monterrat, M. Desmarais, E. Lavoué, S. George. Dans : Artificial Intelligence in Education. Springer International Publishing, 2015. p. 297-306.

Toward an Adaptive Gamification System for Learning Environments. B. Monterrat, E. Lavoué, S. George. Chapitre du livre *Computer Supported Education* de la série CCIS, 2015. pp.115-129.

Motivation for Learning: Adaptive Gamification for Web-based Learning Environments. B. Monterrat, E. Lavoué, S. George. Dans 6th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2014), Susan Zvacek, Maria Teresa Restivo, James Uhomoibhi and Markus Helfert ed. Barcelona. pp. 117-125.
Article sélectionné pour une version étendue publié comme chapitre de livre de la série CCIS.

Conférences nationales avec comité de lecture et actes

Modèle de joueur pour la ludification adaptative d'une plateforme d'apprentissage. B. Monterrat, M. Desmarais, E. Lavoué, S. George. Dans : Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), Agadir, Maroc. 2015. p. 348-359.
Deuxième au prix du meilleur article de la conférence

Motiver les apprenants par une ludification adaptative. B. Monterrat. Dans 5ème Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH, Pierre-André Caron, Ronan Champagnat ed. La Rochelle. pp. 5-10. 2014.
Premier au prix du meilleur article de la conférence (prix Martial Vivet)

Ateliers et posters

A Framework to Adapt Gamification in Learning Environments. B. Monterrat, E. Lavoué, S. George. Poster dans 9th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2014), 16-19 September 2014, p. 578-579, Graz, Austria. pp. 578-579. Springer LNCS 2014.

Toward Personalised Gamification for Learning Environments. B. Monterrat, E. Lavoué, S. George. Dans 4th Workshop on Motivational and Affective Aspects in Technology Enhanced Learning (MATEL 2013) in conjonction with EC-TEL 2013, Paphos, Cyprus. 2013.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Vers une ludification personnalisée dans une plateforme d'ancrage mémoriel. B. Monterrat, E. Lavoué, S. George. Dans Atelier "Serious games, jeux épistémiques numériques", 6ème Conférence Nationale sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2013), Valérie Emin, Eric Sanchez ed. Toulouse, France. pp. 19-23. Serious games, jeux épistémiques numériques. 2013.

B. Publications scientifiques issues du stage de recherche

Conférences internationales avec comité de lecture et actes

An Environment to Support Collaborative Learning by Modding. S. George, E. Lavoué, B. Monterrat. Dans 8th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2013), D. Hernandez-Leo et al. ed. Cyprus. pp. 111-224. Lecture Notes in Computer Science 8095. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2013.

Learning Game 2.0: Support for Game Modding as a Learning Activity. B. Monterrat, E. Lavoué, S. George. Dans 6th European Conference on Games Based Learning (ECGBL 2012), Cork, Ireland. pp. 340-347. 2012.

Conférences nationales avec comité de lecture et actes

Learning game 2.0 : Support à l'Apprentissage Collaboratif par la Modification de Jeux Vidéo. B. Monterrat, E. Lavoué, S. George. Dans Conférence TICE 2012, Lyon, France. pp. 98-109. 2012.

C. Publications et actions de vulgarisation issues des travaux de thèse

La ludification adaptative, trois ans de recherches. Présentation des résultats de la thèse à la journée de l'orthographe, Paris, juin 2015.

3 leviers de motivation, donc de mémorisation. Article sur le blog ancrage-mémoriel. Disponible sur http://www.ancrage-memoriel.fr/article/3-messages-cles-leviers-de-motivation-et-de-memorisation/, janvier 2014

Où trouver la motivation pour le Projet Voltaire ? Présentation du projet de thèse à la Journée de l'orthographe, Paris, juin 2013.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Annexe II : Guide de conception de fonctionnalités ludiques [version 1]

A - Introduction au processus de ludification

Ce document présente en détails un processus de ludification d'un environnement d'apprentissage. Le concepteur qui suit ce processus doit bien connaître l'application cible, mais peut avoir un niveau d'expertise en game design relativement bas.

La spécificité de ce processus repose sur la prise en compte dès la conception des types de joueurs ciblés par les différentes fonctionnalités. Cela permet de concevoir un ensemble de fonctionnalités ludiques faisant intervenir des mécaniques de jeu diverses. Par la suite, ces fonctionnalités ludiques peuvent (au choix)

- Etre toutes présentes dans l'environnement pour que les mécaniques mises en œuvre touchent un large panel de joueurs
- Etre activées ou désactivées selon la personnalité de l'utilisateur, au sein d'un système de ludification adaptative

Premier usage : Ludifier un environnement existant non ludique.

1. Identifier la liste des informations sur lesquelles peuvent se baser des fonctionnalités ludiques.
2. Créer un ensemble de fonctionnalités. Pour chacune :
    a. Sélectionner une des informations de la liste
    b. Situer cette information
    c. Choisir ou concevoir un design et une mécanique basés sur cette information
    d. Identifier les types de joueurs
3. Visualiser l'ensemble des fonctionnalités pour s'assurer de la présence des différentes mécaniques

Groupe d'étoiles à obtenir			Daredevil				Achiever
Tableau de scores relatif		Survivor	Daredevil		Conque-		Achiever
Partage d'astuces mnémo. Mné-	Seeker			Master-	Conque-	Socializer	
Randonnée en montagne	Seeker						Achiever
Réponse en temps limité		Survivor	Daredevil				Achiever

4. Modifier les fonctionnalités conçues si besoin et/ou en concevoir d'autres

Deuxième usage : Evaluer les mécaniques de jeu dans un système ludifié.

1. Isoler les éléments ludiques de l'application comme un découpage en fonctionnalités indépendantes
2. Pour chacune des fonctionnalités identifiées :
    a. Identifier la/les information(s) centrale(s)
    b. Situer cette/ces information(s)
    c. Décrire le design et la mécanique de cette fonctionnalité
    d. Identifier les types de joueurs associés à chaque élément
3. Visualiser l'ensemble des fonctionnalités pour s'assurer de la présence des différentes mécaniques

Groupe d'étoiles à obtenir			Daredevil				Achiever
Tableau de scores relatif		Survivor	Daredevil		Conque-		Achiever
Partage d'astuces mnémo. Mné-	Seeker			Master-	Conque-	Socializer	
Randonnée en montagne	Seeker						Achiever
Réponse en temps limité		Survivor	Daredevil				Achiever

Modifier les fonctionnalités conçues si besoin et/ou en concevoir d'autres

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

B - Processus de conception d'une fonctionnalité ludique

Lors de la création d'une nouvelle fonctionnalité, identifiez un à un les éléments qui la composent.

Élément de fonctionnalité						
Seeker	Survivor	Daredevil	Master-	Conque-	Socializer	Achiever

☐ Identifier l'information portée

Il s'agit d'identifier l'information qui sera à la base de la fonctionnalité ludique. Cette information peut être apportée par le système ou par l'utilisateur. Il peut y en avoir plus d'une. Plusieurs informations doivent être considérées comme faisant partie d'une même fonctionnalité si et seulement si elles sont indissociables. Le fait que l'information soit affichée en permanence ou non peut changer les mécaniques en jeu. Exemples :

Valeur actuelle du nombre de bonnes réponses consécutives						
	Survivor	Daredevil				

Pourcentage de progression dans l'application						
						Achiever

Astuce mnémotechnique pour retenir une règle (proposée par l'utilisateur)						
Seeker			Master-			
Appréciation (« like ») donnée sur une astuce laissée par un autre utilisateur.						
					Socializer	

☐ Situer l'information portée

- L'information porte-t-elle sur l'utilisateur seul (*achiever*) ou sur un sous-groupe (*socializer*) ?
- L'information est-elle isolée, ou
  - comparée à d'autres individus/groupes (*conqueror*) ?
  - comparée à une performance antérieure (*achiever*) ?
- L'information est-elle comparée aux autres de manière absolue comme un podium (*achiever*) ou relative, comme montrer les deux personnes placées juste devant (*daredevil*) et après (*survivor*) ? *
- Quelle est la temporalité de l'information (intemporelle, par jour, par heure, etc.) ? *

* Ces choix visent à créer pour chaque utilisateur un challenge à la fois accessible et assez difficile pour avoir de la valeur. Par exemple avec beaucoup d'utilisateurs actifs et un tableau de score de type « top 5 », on peut réinitialiser les scores chaque jour.

Exemples :

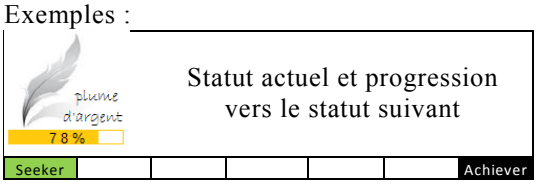
Valeur sur le groupe						
					Socializer	

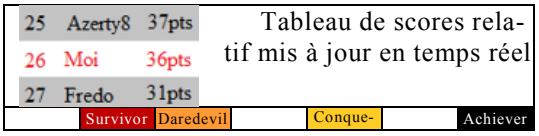
La valeur est comparée à celle des autres participants						
				Conque-		
Positionnement relatif						
	Survivor	Daredevil				

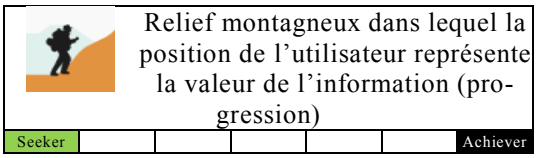
☐ Concevoir un design et une mécanique qui présente cette information

Il faut également choisir un emplacement à la fonctionnalité dans l'interface. Plusieurs éléments de design peuvent faire partie d'une même fonctionnalité si et seulement si ils sont indissociables.

Exemples :







☐ Identifier les types de joueurs associés à chaque élément

Se référer à l'annexe 1 pour déceler les mécaniques correspondant à chaque élément.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Complément 1 : Eléments à compléter pour la création de fonctionnalités ludiques

Seeker	Survivor	Daredevil	Master-	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever

Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever
Seeker	Survivor	Daredevil	Mastermind	Conqueror	Socializer	Achiever

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Complément 2 : Mécaniques pour déterminer les types de joueurs liés à un élément

Notes

[1] La liste de mécaniques correspondant à chaque type de joueur n'est pas exhaustive.

[2] Pour plus de détails sur un type de joueur, se référer au complément 3.

- Seeker
  - Crée un suspens qui suscite la curiosité
  - Apporte une information historique ou scientifique
  - Elément fantaisiste, donne à l'utilisateur un rôle dans une histoire, métaphore de ses actions
- Survivor
  - Crée un risque dont le contrôle échappe à l'utilisateur
    ex : punition aléatoire, risque d'être dépassé par un autre joueur, etc.
- Daredevil
  - Crée un risque maîtrisé par l'utilisateur
    ex : risque de ne pas respecter une contrainte de temps, opportunité de dépasser un autre joueur
- Mastermind
  - Réflexion logique, résolution d'une énigme
  - Présente plusieurs options pour lesquelles faire le bon choix requiert de la stratégie
- Conqueror
  - Être comparé à un autre utilisateur / un groupe
  - Opportunité d'être meilleur que les autres, gagnant
- Socializer
  - Opportunité d'aider d'autres utilisateurs, jouer un rôle dans un groupe
  - Opportunité de s'exprimer (ex : écrire un message, donner un point « like », etc.)
  - Recevoir un signe d'un autre utilisateur (ex : message, point « like », etc.)
- Achiever
  - Elément qui peut être vu comme complet ou incomplet, tâche accomplie ou non accomplie
  - Opportunité de se battre soi-même, se dépasser

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Complément 3 : Les types de joueur du profil BrainHex

Extrait de : Bateman, C., Lowenhaupt, R., & Nacke, L. E. (2011).
Player typology in theory and practice.
In Proceedings of DiGRA.
Consulté à http://onlyagame.typepad.com/Player%20Typology.digra2011.pdf

Seeker: "I wonder what's out there..."
You like finding strange and wonderful things, or finding familiar things.
Following research by Biederman and Vessel [13], the archetypal Seeker is motivated by interest mechanism, which relates to the part of their brain processing sensory information (i.e., the sensory cortices) and the memory association area (i.e., hippocampus). The Seeker type is curious about the game world and enjoys moments of wonder, preferring play in the manner of Lazzaro's Easy Fun.

Survivor: "I'll find a way to get through alive."
You like escaping from hideous and scary threats, pulse-pounding risks.
While terror is a strong negative experience, certain people enjoy the intensity of the associated experience, at least within the context of fictional activities such as horror movies and games. The state of arousal associated with epinephrine becomes that of terror as a result of the action of the fear center, which becomes hyperactive when a situation is assessed as frightening (based on prior experience, and certain instinctive aversions). It is not yet clear whether the enjoyment of fear should be assessed in terms of the intensity of the experience of terror itself, or in terms of the relief felt afterwards.

Daredevil: "All for the rush."
You like negotiating dizzying platforms or rushing around at high speed while you are still in control.
This play style is all about the thrill of the chase, the excitement of risk taking and generally playing on the edge. Game activities such as negotiating dizzying platforms or rushing around at high speeds while still in control typify the implied play preference. The distinction being the degree of fear experienced: in the case of the Survivor, a player subjectively enjoys feeling terrorized, albeit in a fictional context, whereas the Daredevil archetype seeks excitement solely as a positive experience.

Mastermind: "I know what to do."
You like solving puzzles and devising strategies.
A fiendish puzzle that defies solution or a problem that requires strategy to overcome is the essence of fun to this archetype. Players who fit this archetype enjoy solving puzzles and devising strategies, as well as focusing on making the most efficient decisions. Whenever players face puzzles or must devise strategies, the decision center of the brain and the close relationship between this and the pleasure center ensures that making good decisions is inherently rewarding.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Conqueror: "I cannot be defeated!"
You like defeating impossibly difficult foes, struggling until you eventually achieve victory, and beating other players.
Some players aren't satisfied with winning easily—they want to struggle against adversity. Players fitting the Conqueror archetype enjoy defeating impossibly difficult foes, struggling until they achieve victory, and beating other players. They behave forcefully, channeling their anger to achieve victory and thus experience fiero. Anger serves to motivate opposition and hence to encourage persistence in the face of challenge, and testosterone may also have an important role in this behavior (irrespective of gender).

Socializer: "*Can I help?*"
You like hanging around with people you trust, and helping people.
People are a primary source of enjoyment for players fitting a Socializer archetype—they like talking to them, they like helping them, they like hanging around with people they trust. Players whose preference for play fits this pattern tend to be trusting, and they get angry at those who abuse their trust.

Achiever: "*I can do it.*"
You like collecting anything you can collect, and doing everything you possibly can. Players who fit the Achiever archetype will collect and complete everything they can find—no ''grind'' is too arduous for such a player! In their pursuit of the satisfaction of a completed task, Achiever-style play should be understood as being ultimately obsessive in its focus. While a Conqueror can be seen as challenge-oriented, the Achiever archetype is more explicitly goal-oriented, motivated by long-term achievements. This distinction can be subtle, but it is nonetheless important: preference for Achiever-style play is rooted in 'ticking boxes', while preference for Conqueror-style play is rooted in defeating challenges. Achievers therefore prefer games amenable to ultimate completion, especially digital RPGs, whose self-adjusting difficulties ensure completion as a result of perseverance.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Annexe III : Evaluation du guide de conception de fonctionnalités ludiques [version 1]

Le guide a été utilisé par trois membres du projet JENlab le 29/04/2015. J'ai été présent en tant qu'observateur pendant la réunion qui a duré environ une heure. Nous avons ensuite déroulé l'entretien pendant environ 20 minutes.

A. Grille d'entretien semi-directif

A. Dans quel contexte avez-vous eu besoin du guide ?
   - Quelle activité souhaitez-vous ludifier ?
     - Quel type d'activité d'apprentissage ?
     - A qui s'adresse cette activité ?
     - Les participants sont-ils volontaires ou contraints de faire l'activité ?
   - A quel besoin répond la ludification ?
   - A quel stade du processus de conception intervient le guide de ludification ?
     - La conception avait-elle déjà commencé ?
     - A-t-il servi sur une ou plusieurs réunions ?
   - Qui compose l'équipe du projet ?
     - Combien de personnes participent au processus de conception du système de ludification et quels sont leurs rôles ?

B. Comment avez-vous utilisé le guide proposé pour votre projet ?
   - Comment vous êtes-vous appropriés le guide ?
     - Dans quel ordre avez-vous utilisé les différentes parties du guide ?
     - Les différentes parties étaient-elles faciles/difficiles à comprendre ?
   - La structure de fonctionnalité proposée était-il compatible avec vos idées d'éléments ludiques ?
     - Quelles parties correspondaient ? (information, situation, design)
     - Quelles parties ne correspondaient pas, pourquoi ?
     - Ce modèle vous a-t-il contraint dans la conception de vos éléments ludiques ?
   - Comment avez-vous associé vos fonctionnalités aux types de joueurs ?
     - Y a-t-il des fonctionnalités/mécaniques de jeu que vous n'avez pas pu classer ?
   - Ce modèle vous a-t-il inspiré de nouvelles idées ?
     - Lesquelles ?
   - Y a-t-il des choses que vous auriez aimé pouvoir faire grâce à ce guide ?
     - Lesquelles ?
   - Avez-vous d'autres remarques ?

B. Notes d'entretien sur le contexte d'utilisation

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

L'équipe travaille dans le cadre d'un projet ANR qui implique différents acteurs (enseignants, chercheurs, ingénieurs pédagogiques) sur la conception de jeux épistémiques numériques. Le premier cycle du projet correspond à la réalisation d'un jeu papier, dans lequel des groupes de lycéens doivent monter une startup d'élevage d'insectes. Les trois concepteurs interviennent sur une partie de ce jeu qui sera informatisée : le choix de l'emplacement de la startup. 4 équipes de 3 lycéens iront faire des relevés à différents endroits et seront assistés de dispositifs mobiles tactiles. Les lycéens sont des volontaires.

La notion de jeu fait partie du projet. Pourtant, l'équipe a senti le besoin d'aller plus loin pour rendre l'activité plus attrayante en intégrant des principes de ludification. Le guide de conception intervient dans leur dernière séance de conception (au sein de la première itération).

C. Notes d'observation de la réunion de conception

L'un des concepteurs a lu le guide en avance et a découpé la première page. Elle présente le « deuxième usage » : celui proposant d'évaluer des fonctionnalités existantes.

Ils font la liste des choses qu'ils considèrent comme des fonctionnalités ludiques. Ils pensent en même temps à des idées de fonctionnalités qu'ils n'ont pas, et ils mettent tous ces éléments sur les petites feuilles prédécoupées. En confrontant leur liste au processus, ils s'aperçoivent que plusieurs choses ne correspondent pas parce qu'elles ne peuvent pas être considérées comme des fonctionnalités. Ils se demandent si elles sont réellement ludiques.

Ils essayent de spécifier les types de joueurs associés à chacun des éléments. Après cela ils réalisent qu'ils n'ont pas d'élément correspondant au type achiever. Ils trouvent cela relativement dur d'identifier des éléments. Ils les repèrent en partant d'abord du design, puis identifient les informations associées : l'ordre inverse de celui proposé.

Ils veulent ensuite créer de nouveaux éléments mais sont conscients qu'ils auront très peu de temps pour les développer. Le but est alors de créer de nouvelles mécaniques en se basant sur des éléments existants. Ils se remémorent le contexte d'utilisation, puis font un brainstorming d'idées d'éléments ludiques. Ils n'ont plus de petits papiers alors ils utilisent des post-it. Après le brainstorming ils réfléchissent à la cohérence et faisabilité de leurs nouvelles idées : notamment un *timer*, des trophées et une table de scores. La page 4 du guide (mécaniques et types de joueur) joue le rôle de point de départ pour l'inspiration.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

D. Notes d'entretien sur l'utilisation du guide

Ils ont d'abord tous lu le guide. Ensuite ils l'ont gardé sous les yeux pendant toute la réunion de conception.

Ils ont lu les étapes dans l'ordre, mais ils les ont appliquées dans le désordre. Ils se sont d'abord placés dans le deuxième cas d'usage (évaluation d'un système déjà ludifié) puis dans le premier cas (création de fonctionnalités ludiques). Dans le deuxième cas d'usage ils ont identifié les éléments d'une fonctionnalité en partant de son design (c) pour finir par repérer l'information portée (a). Dans le premier cas d'usage ils ont imaginé les fonctionnalités en prenant les éléments dans un ordre différent à chaque fois, selon lequel était le point de départ de leur idée. La lecture des types de joueurs et mécaniques associées a été le point de départ de plusieurs idées, ainsi que les exemples fournis. Les petits papiers à découper étaient un peu trop petits pour être manipulés en équipe.

Ils ont trouvé le guide très facile à comprendre, mais pas toujours facile à appliquer. Notamment dans le deuxième cas d'usage, ils ont identifié l' « utilisation de dispositifs *multitouch* » comme étant un élément ludique. En le confrontant à la structure proposée dans le guide, ils se sont dit que cet élément n'était peut-être pas ludique, ou pas considéré comme une fonctionnalité.

Pour autant, ils ne trouvent pas que la structure proposée les a contraints dans les possibilités de création.

C'est au moment d'identifier les types de joueurs associés qu'ils ont réalisé que leur système était encore peu ludique. L'aperçu des types de joueurs présents ou non leur a donné des idées. Cependant ils auraient aimé avoir plus d'exemples de fonctionnalités, en particulier pour le *survivor*, le *daredevil* et le *mastermind*, pour lesquels il semble difficile d'imaginer des éléments en dehors du contexte d'un jeu vidéo.

Ils auraient aimé ajouter plus de compétition entre équipes, mais pour cela ils étaient bloqués par l'impossibilité des synchroniser les dispositifs mobiles en montagne, et donc de créer de la compétition en temps réel. Pour compenser, ils ont imaginé créer un podium à la fin de l'activité. Si les participants sont informés dès le début qu'il aura lieu, des personnes au profil compétitif pourront être motivés en vue d'obtenir une bonne place sur le podium.

E. Conclusion sur les avantages et points faibles du guide

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

- Il manque une définition de ce qu'est une fonctionnalité ludique
- Dans cette définition il faut préciser que la « fonctionnalité » enrichit l'activité, mais ne va surtout pas créer une autre activité qui détournerait l'attention au lieu de la catalyser.
- Les petits cadres pour les éléments ludiques doivent être agrandis pour pouvoir contenir plus de texte et de dessins, et permettre un travail d'équipe.
- Il serait intéressant d'ajouter une bibliothèque d'exemples pour inspirer, donner plus d'idées aux personnes non expérimentées en gamification. Cependant, attention à distinguer le cas dans lequel les utilisateurs souhaitent avoir des idées et être créatifs, et celui dans lequel ils ont avant tout besoin de structurer leurs idées.
- Le deuxième cas d'usage devrait s'intégrer comme une première étape, pour faire un diagnostic des éléments ludiques déjà présents s'il y en a. Le premier cas d'usage devrait ensuite être présenté comme une deuxième étape à réaliser pour créer des fonctionnalités qui vont combler les manques identifiés.
- L'ordre a>b>c ne doit pas être présenté comme un ordre fixe pour créer une fonctionnalité, mais simplement comme les différents éléments de la structure d'une fonctionnalité. Les utilisateurs doivent comprendre que cette décomposition rend certaines parties de la fonctionnalité interchangeables, et cela doit développer leur créativité.
- Nous pouvons expliciter le fait que la liste des mécaniques par type de joueur peut servir comme point de départ pour l'inspiration.
- Il est possible que certaines mécaniques de jeu soient déjà présentes dans l'activité avant de la ludifier (mécanique sociale si c'est une activité en équipe, *mastermind* s'il y a un travail de réflexion, etc.). Cela devrait être pris en compte dans la première étape du processus.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Annexe IV : Guide de conception de Fonctionnalités Épiphytes Ludiques (FEL) [version 2]

Plan du guide

A. Introduction - *Qu'est-ce que la ludification ?*
B. Règles de définition - *Qu'est-ce qu'une fonctionnalité épiphyte?*
C. Propriétés des FEL - *Qu'est-ce qui rend une fonctionnalité ludique ?*
D. Types de joueur - *Pour qui concevoir les fonctionnalités ludiques ?*
E. Processus de conception - *Comment concevoir une fonctionnalité ludique ?*

A. Introduction - *Qu'est-ce que la ludification ?*

La **ludification** se définit comme « *l'usage de mécaniques de jeu dans des contextes non-ludiques* ». Concrètement, il s'agit d'intégrer à l'interface de l'utilisateur des éléments inspirés des jeux pour rendre l'activité plus ludique. Quelques exemples :

- **Score** : Un système de points de victoire, points d'expérience, points de réputation, etc.
- **Badges** : Des coupes, médailles ou autres formes de récompenses qui mettent en évidence une tâche accomplie, une réussite de l'utilisateur.
- **Tableau de scores** : Un classement des utilisateurs pour encourager la compétition.
- **Chronomètre** : Un décompte qui encourage l'utilisateur à faire une tâche en temps limité.
- Les possibilités de création de fonctionnalités sont sans limites.

On fait la différence entre **(1) le jeu sérieux** et **(2) la ludification**. Dans le cas des jeux sérieux, l'activité fondamentale est un jeu, c'est le cœur de ses mécaniques. Ce sont seulement certains éléments de l'application qui la rende utile pour autre-chose que le divertissement. La ludification est construite suivant une autre démarche : l'activité est conçue dans un premier temps comme sérieuse, mais elle contient des éléments de jeu intégrés dans un second temps.

Des mécaniques de ludification sont aussi présentes dans les jeux. Les experts en jeu font alors la distinction entre **(1) le jeu et (2) le jeu dans le jeu**. Par exemple quand le joueur gagne des badges en avançant dans le jeu, s'il se focalise sur les badges plutôt que sur le fait de terminer le jeu, alors il fait un méta-jeu. De même avec les chronomètres et les scores : si un joueur se focalise sur le meilleur temps ou le meilleur score au détriment d'autres mécaniques du jeu, c'est aussi du méta-jeu.

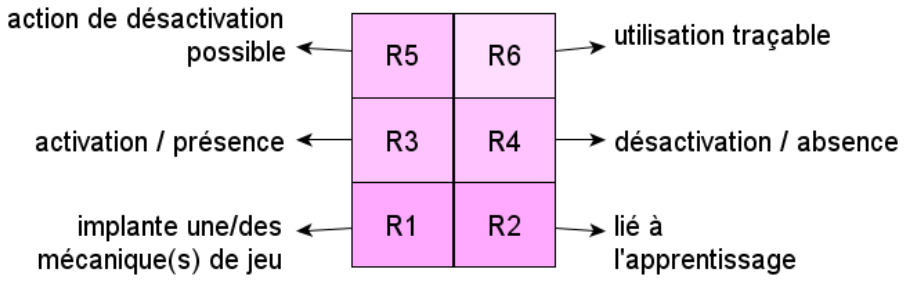
Des stratégies de jeu sérieux sont parfois présentes dans la ludification. Les experts en ludification font alors la distinction entre **(1) ludification de contenu** et **(2) ludification structurelle**. La ludification de contenu touche directement la nature de l'activité, en modifiant par exemple son scénario. Elle est utile par exemple pour agir sur le niveau de difficulté de l'activité, ou pour faire émerger une narration du scénario. Le principe de la ludification structurelle est d'intégrer des éléments à l'interface sans affecter les contenus.

Ce guide est focalisé sur les techniques de ludification, que les experts en jeu appellent méta-jeu et que les experts en ludification appellent ludification structurelle.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

B. Règles de définition - *Qu'est-ce qu'une fonctionnalité épiphyte ?*

Une Fonctionnalité Épiphyte Ludique (FEL) est une fonctionnalité qui peut être intégrée à l'interface de chaque utilisateur de façon indépendante. Cinq règles fondamentales permettent de concevoir des fonctionnalités épiphytes. La sixième règle, optionnelle, permet de tracer et d'analyser l'utilisation des fonctionnalités, notamment afin de les adapter aux utilisateurs.



R1. Elles doivent implanter au moins une mécanique de jeu.

R2. Elles doivent être basées sur des informations issues de l'activité d'apprentissage (actions de l'apprenant ou contenu pédagogique).

R3. Leur activation / présence ne doit pas affecter l'activité d'apprentissage.
Contre-exemple : si une fonctionnalité impose de terminer une activité en un temps limité, sur laquelle certains utilisateurs pourraient rester bloqués.

R4. Leur désactivation / absence ne doit pas affecter l'activité d'apprentissage.
Contre-exemple : si un système de score est mis en place, et qu'un score minimal est nécessaire pour accéder à une activité, alors le fait de désactiver le score posera un problème.

R5. L'utilisateur doit avoir un moyen de les désactiver.
Exemple : une croix dans le coin d'un objet qui permet de la masquer de l'interface.

R6. [Option] Elles doivent générer des interactions avec l'utilisateur traçables par le système.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

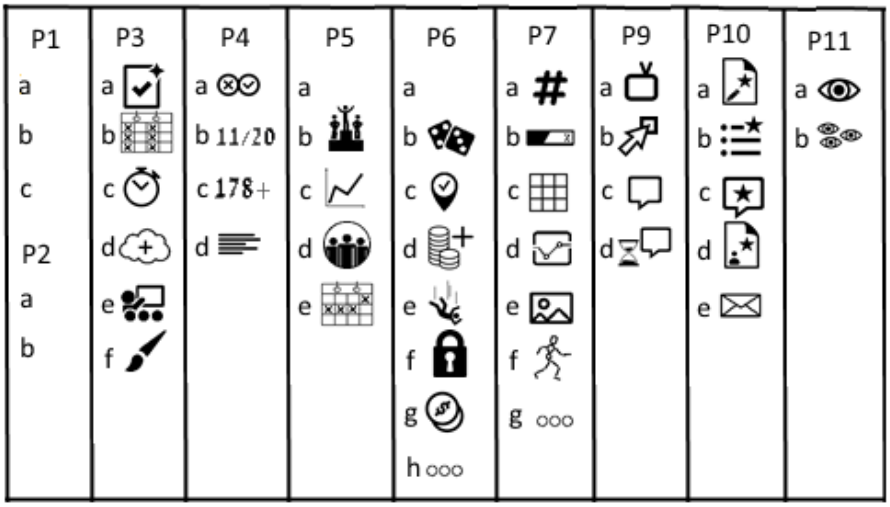
C. Propriétés des FEL - *Qu'est-ce qui rend une fonctionnalité ludique ?*

Les fonctionnalités se définissent par quatre caractéristiques :

- les **actions** des utilisateurs prises en compte par la fonctionnalité,
- les **informations** apportées aux utilisateurs via la fonctionnalité,
- le **fonctionnement**, qui décrit les algorithmes sur lesquels repose la fonctionnalité,
- la **représentation** de la fonctionnalité.

Les **actions** sont décrites par les propriétés P1 et P2.
Les **informations** sont décrites par les propriétés P3 à P5.
Le **fonctionnement** est décrit par la propriété P6.
La **représentation** est décrite par les propriétés P7 à P11.

Les propriétés des fonctionnalités sont résumées sur les cartes à découper ci-dessous, et présentées en détail en complément de ce guide.



Résumé des propriétés

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

P1 Acteur

Qui fait les actions prises en compte par la fonctionnalité ?

- ☐ Apprenant
- ☐ Autres apprenants
- ☐ Enseignant

P2 Objet

Quel est l'objet de ces actions ?

- ☐ L'environnement d'apprentissage
- ☐ La fonctionnalité ludique

P3 Sujet de l'information

Sur quoi portent les informations ?

- ☐ La qualité et l'avance ment dans l'activité (modèle d'apprenant)
  - ○ Pour toute l'activité
  - ○ Pour une partie de l'activité (niveau, exercice, etc.)
- ☐ Régularité dans l'activité d'apprentissage
- ☐ La vitesse d'exécution
- ☐ Contribution
- ☐ Les contenus pédagogiques (savoir scientifique, anecdote, aide)
- ☐ Usages et applications des savoir

P4 Format des informations

Sous quel format est délivrée l'information ?

- ○ Valeur binaire
- ○ **11/20** Score à échelle fermée
- ○ **178+** Score à échelle ouverte
- ○ Autre (Texte, vidéo, etc.)

P5 Situation des informations

Comment sont situées les informations ?

- ☐ Présentée de manière isolée
- ☐ Comparé aux autres
  - ○ De façon relative
  - ○ De façon absolue
- ☐ Comparé aux performances précédentes
- ☐ Valeur pour un groupe
- ☐ Valeur valable pour une période temporelle restreinte

P6 Opérations numériques

Quelles opérations conditionnent l'information ?

- ☐ Action = récompense
- ☐ Hasard
- ☐ Checkpoint, paliers
- ☐ Bonus, combos
- ☐ Risque de perte
- ☐ Ressources accessibles sous condition
- ☐ Monnaie virtuelle
- ☐ ooo Autre

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

P7 Modèle de représentation

Quel est le modèle de représentation de la fonctionnalité ?

- ☐ # Nombre
- ☐ Barre de progression
- ☐ Tableau
- ☐ Graphique
- ☐ Image
- ☐ Objet dont la forme varie
- ☐ Animation
- ☐ ooo Autre

P8 Style

Quel style prennent les éléments d'interface ?

- ➢ Dimensions
- ➢ Couleurs
- ➢ Police d'écriture
- ➢ Agencement

P9 et P10 Temporalité et Emplacement

Quand l'information est-elle présentée ?

- ☐ Visible en permanence
- ☐ Accessible en permanence
- ☐ Instantanément en synchrone
- ☐ Instantanément en asynchrone ?

Où est-elle visible ?

- ☐ Pendant l'activité d'apprentissage
- ☐ Dans la navigation entre niveaux/exercices
- ☐ A la fin d'une tâche
- ☐ Sur le profil de l'utilisateur
- ☐ Dans un courrier

P11 Accès

Qui peut accéder à l'information ?

- ☐ Seulement l'utilisateur concerné
- ☐ Plusieurs utilisateurs

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Fiche de spécifications d'une fonctionnalité

Intitulé : _____

Les **actions** du joueur prises en compte : (lister les actions)

Les **informations** apportées à l'utilisateur : (détailler les informations)

Le **fonctionnement** des éléments : (décrire les calculs appliqués suite à chaque action)

La **représentation** de la fonctionnalité : (dessiner les éléments de la fonctionnalité dans l'interface du logiciel)

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

D. Types de joueurs - *Pour qui concevoir les fonctionnalités ludiques ?*

Les utilisateurs ont chacun des préférences différentes quant aux mécaniques de jeu. Dans la classification BrainHex, sept types de joueurs sont identifiés, résumés ici et détaillés dans le complément 2 :

- le ***Seeker*** aime la découverte et l'exploration ;
- le ***Survivor*** aime avoir peur et devoir fuir ;
- le ***Daredevil*** aime le risque et réussir de justesse ;
- le ***Mastermind*** aime résoudre des énigmes et établir des stratégies ;
- le ***Conqueror*** aime vaincre des adversaires puissants ;
- le ***Socializer*** aime interagir avec d'autres joueurs ;
- l'***Achiever*** aime compléter des tâches.

Pour qu'un système convienne à un large panel d'utilisateurs, les fonctionnalités créées doivent implémenter des mécaniques correspondant à l'ensemble des types de joueurs. Pour cela, le tableau suivant représente les associations entre propriétés et types de joueurs.

	P3	P4, P5	C3	C4
Seeker		178+		
Survivor				
Daredevil				
Mastermind				
Conqueror		178+		
Socializer				
Achiever		11/20		

tableau propriétés-joueur

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

E. Processus de conception - Comment concevoir une fonctionnalité ludique ?

Chaque fonctionnalité peut être développée en suivant le processus itératif suivant :

- Étape 1 : Propriétés fondamentales
  - Choisir des valeurs pour trois propriétés fondamentales : Sujet de l'information (P3), Situation de l'information (P5), et Opérations numériques (P6). Les valeurs peuvent être choisies car elles correspondent à des types de joueurs auxquels les fonctionnalités déjà créées ne correspondent pas.*
  - S'il est possible d'imaginer une fonctionnalité simple et cohérente à partir de ces trois valeurs, passer à l'étape suivante. Sinon, changer les valeurs des propriétés.

- Étape 2 : Propriétés complètes
  - Compléter la liste des valeurs choisies pour chaque propriété, en veillant à ce que chacune soit cohérente avec la fonctionnalité en cours d'élaboration.
  - Si deux valeurs sont aussi pertinentes l'une que l'autre pour une propriété donnée, choisir de préférence une valeur qui n'a pas été rayée sur la carte des propriétés.
  - Quand une valeur pour une propriété est sélectionnée, rayer celle-ci sur la carte des propriétés (utiliser la même carte pour la conception de toutes les fonctionnalités).

- Étape 3 : Spécification des caractéristiques
  - Compléter la fiche de description de la fonctionnalité, en décrivant en détails son fonctionnement et en faisant un dessin complet de sa représentation.

- Étape 4 : Implantation
  - Implanter un prototype de la fonctionnalité dans le logiciel cible.

- Étape 5 : Evaluation
  - Proposer à des utilisateurs qui n'ont pas participé à la conception de fonctionnalités d'utiliser le logiciel et de donner un avis sur les fonctionnalités après une durée minimale d'utilisation.
  - Si possible, observer le comportement d'un groupe d'utilisateurs avec les fonctionnalités et un autre sans fonctionnalités, car la ludification peut provoquer des comportements inattendus, même de la part d'utilisateurs qui ne diront pas avoir été gênés par la fonctionnalité.

- Étape 6 : Reconception
  - Si besoin, améliorer la fonctionnalité en retournant à l'étape 2, 3 ou 4.

Il est recommandé de tester unitairement chaque fonctionnalité. Cependant, pour limiter le nombre d'évaluations, il est possible d'aller jusqu'à l'étape 4 pour l'ensemble des fonctionnalités, puis de réaliser l'étape d'évaluation pour toutes les fonctionnalités en même temps.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

* Exemple : Nous fixons comme objectif la conception d'une fonctionnalité qui crée de la compétition. Nous regardons le tableau joueur-propriété, et choisissons de comparer la valeur aux autres apprenants (P5.b). Pour le sujet, si nous avons utilisé le taux de bonnes réponses des apprenants (P3.a) dans une fonctionnalité précédente, nous pouvons donc choisir d'utiliser la vitesse de réponse (P3.c). Réaliser des bons temps peut ensuite donner directement des points (P6.a) qui seront utilisés pour un score comparable à celui des autres.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Complément 1 : Détail des propriétés

Acteurs (P1). La première propriété désigne le ou les acteurs des actions prises en compte par la fonctionnalité. Nous l'avons expliqué, l'utilisateur concerné est toujours à l'origine d'au moins une de ces actions. Cependant il est aussi possible de prendre en compte des actions des autres apprenants (par exemple pour susciter la compétition ou la collaboration), et des actions de l'enseignant (par exemple s'il apporte des informations complémentaires ou des conseils, voire change certaines règles).

Objet (P2). La seconde propriété désigne l'objet sur lequel a eu lieu chaque action. Il peut s'agir de l'environnement d'apprentissage (par exemple si l'action est une réponse de l'apprenant). Il peut s'agir aussi de la fonctionnalité elle-même (par exemple si la fonctionnalité est un bouton « en savoir plus » pour apporter des informations complémentaires aux curieux. En revanche il ne peut pas s'agir d'une autre fonctionnalité ludique, car celles-ci doivent être indépendantes entre-elles pour respecter la règle (R4).

Sujet (P3). L'information peut porter sur différents sujets. Les quatre premiers choix concernent l'activité d'apprentissage. Le premier concerne directement l'avancement dans la tâche d'apprentissage **(a)**. La fonctionnalité apporte alors un feedback sur la progression dans un niveau / exercice, ou peut représenter la progression globale sur l'ensemble des exercices de la plateforme. Il est aussi possible de mettre en avant et de récompenser la régularité dans l'apprentissage **(b)**, car elle est souvent gage de réussite. Le temps que met l'utilisateur à terminer une tâche **(c)** est également un sujet sur lequel on peut faire des retours à l'utilisateur. Cela peut être nocif sur certaines tâches (ex. lecture pour les enfants), mais peut pousser l'apprenant à mieux se concentrer sur d'autres. Dans certains systèmes l'utilisateur peut laisser une contribution **(d)** ou un commentaire à destination d'un utilisateur ou de la communauté entière. Contribuer est une façon d'apprendre, et cela mérite un feedback. L'action de contribution peut faire partie de l'activité d'apprentissage initiale, ou peut être un élément ajouté par la fonctionnalité. L'information peut aussi porter directement sur les contenus pédagogiques **(e)**, comme par exemple une rubrique « Le saviez-vous ? » Le dernier choix est de présenter les applications potentielles des savoirs et compétences **(f)**, afin de montrer à l'apprenant d'utilité de sa tâche. En revanche le sujet ne doit pas être complètement indépendant de l'activité d'apprentissage ou du sujet enseigné, car la fonctionnalité risquerait de concurrencer l'apprentissage (R3).

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Format (P4). Les informations peuvent prendre de nombreux formats différents, en particulier lorsque l'information est un nombre. Dans ce cas il peut s'agit d'une valeur binaire **(a)** (ex. badge acquis ou non acquis), d'un score à échelle fermée **(b)** (ex. une note sur 20, un statut sur une liste « débutant » à « expert »), ou d'un score à échelle ouverte **(c)** (ex. nombre de bonnes réponses consécutives). D'autres formats sont possibles **(d)**, comme le texte ou la vidéo, quand la fonctionnalité apporte des informations plus complexes. Le choix du format est loin d'être anodin puisqu'il dépend de l'information à représenter mais il a aussi un rôle sur les dynamiques associées, et par conséquent les types de joueur. Par exemple un score à échelle fermée poussera un apprenant de type *achiever* à atteindre le score maximal, ce qui n'est pas le cas du score à échelle ouverte qui ne peut pas être « atteint ».

Situation (P5). L'information portée par une fonctionnalité ne se réfère pas toujours seulement à l'apprenant concerné **(a)**, elle peut être située dans un ensemble. Par exemple la performance d'un apprenant peut être présentée aux côtés des performances des autres apprenants **(b)** ou de ses performances précédentes **(c)**. Les dynamiques émergeantes seront alors différentes, suscitant la compétition dans le premier cas et le dépassement de soi dans le second. Par ailleurs, ne pas donner le score d'un joueur mais uniquement celui de son groupe **(d)** favorise la collaboration, créant un but collectif plutôt qu'un but individuel. Il peut être également intéressant de situer l'information dans une période de temps restreinte **(e)**. Par exemple s'il y a un « meilleur score du jour » au lieu d'un meilleur score global, cela donne à l'utilisateur une chance d'avoir le meilleur score le lendemain s'il ne l'a pas eu le jour même.

Opérations numériques (P6). Le simple fait d'afficher une information basée sur une action du joueur crée un *feedback*, et cela peut constituer en soi une fonctionnalité ludique. Par exemple nous pouvons afficher « bonne réponse » quand l'apprenant fait une bonne réponse et « mauvaise réponse » quand il se trompe. Cependant cela crée un mode d'interaction pauvre et peu engageant. Il y a plusieurs manières d'enrichir cette fonctionnalité.

Lorsque l'information est basée sur un nombre, de nombreuses opérations sont possibles sur ces nombres. Au-delà de la mécanique classique qui consiste à donner une récompense quand une tâche est terminée **(a)**, la manière de gagner des points peut être influencée par le hasard **(b)**, stabili-

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

sée par le passage de paliers **(c)**, rendue instable et inattendue par la réalisation de combos (réussites successives) ou avec l'obtention de bonus **(d)**, ou encore rendue stressante avec le risque de faire chuter le score suite à une erreur **(e)**. On peut aussi considérer qu'un seuil doit être passé pour libérer l'accès à des ressources **(f)**. Dans ce cas, ces ressources doivent faire partie de la fonctionnalité épiphyte (R4). On peut aussi considérer un nombre comme une monnaie virtuelle **(g)**. La monnaie virtuelle est une catégorie large englobant plusieurs mécaniques. Un exemple classique d'utilisation est celui du pari : l'utilisateur va par exemple dépenser une certaine somme pour parier sur sa réussite à un défi (ex. exercice chronométré), et récupérer une somme en fonction de sa réussite. Cette monnaie peut aussi être dépensée pour débloquer des accès ou des pouvoirs spéciaux. La seule limite à ces pouvoirs est qu'ils ne doivent pas permettre à l'utilisateur d'outrepasser les règles définissant les FEL (section 3.2.1). Un large panel d'opérations numériques peut encore être imaginé, c'est pourquoi nous avons aussi ajouté une catégorie « autre » **(h)**.

Modèle de représentation (P7). Les représentations des fonctionnalités ludiques peuvent être regroupées autour de « modèles de représentation ». La représentation la plus simple d'un nombre est d'écrire ce nombre **(a)**, mais il peut aussi être représenté de manière plus visuelle avec une barre de progression **(b)** pour les valeurs à échelle fermée, un tableau **(c)**, ou encore divers graphiques **(d)**. Il est également courant d'utiliser une image **(e)**. Celle-ci pourra être déterminée par le système pour représenter un badge, ou choisie par l'utilisateur pour représenter son avatar. Parfois, les capacités de l'image et des graphiques sont combinées, créant ainsi des animations **(f)**, ou des objets dont l'état et la forme représentent l'information. À titre d'exemple, un sablier qui s'écoule pour représenter le temps restant avant de terminer une tâche ou un personnage parcourant un chemin pour représenter la progression de l'apprenant rentrent dans la catégorie des animations. Puisque les modes de représentation peuvent se combiner et n'ont pour limite que la créativité des concepteurs, notre modèle comporte également une catégorie « autre » **(g)**.

Style (P8). Une fois le modèle de représentation choisi, nous pouvons déterminer le style de l'élément pour lui donner son apparence précise. Si le modèle de représentation est choisi principalement dans un souci de clarté, le style de la représentation est quant à lui choisi principalement dans un souci de cohérence graphique avec l'environnement existant. Il s'agit par exemple de déterminer la taille, la couleur, ou encore la police d'écriture des nombres et textes.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Le choix d'un modèle de représentation et de son style est déterminant pour faire émerger des éléments de narration. Il s'agit de représenter l'information de manière à créer un imaginaire détaché de la réalité. Par exemple un statut de débutant sera appelé « magicien apprenti », et les points de progression seront appelés « point de magie ». L'imaginaire créé doit être cohérent à travers toutes les fonctionnalités.

Temporalité (P9). La temporalité des représentations des fonctionnalités ludiques peut se classer en deux catégories : les éléments visibles/accessibles de façon permanente et les éléments éphémères. Pour les éléments permanents, on distingue ceux qui sont visible en permanence **(a)** et ceux qui sont visibles suite à une demande de l'utilisateur **(b)**, comme ouvrir la page où se trouve l'information désirée. Le fait que cette information/image soit accessible en permanence peut créer un sentiment de possession de la part du joueur si c'est un objet, ou un sentiment de contrôle si c'est une variable sur laquelle il peut agir. Pour la catégorie des informations délivrées de façon éphémère, il y a celles qui arrivent de manière **(c)** synchrone (ex. une *popup* qui résume les savoirs acquis quand on termine un niveau), et celles qui arrivent de manière asynchrone (ex. un mail hebdomadaire qui résume les savoirs acquis pendant la semaine). Ce délai entre l'effort est la récompense est parfois apprécié par les utilisateurs, car il leur donne une seconde occasion de se réjouir de leur réussite.

Emplacement (P10). Lorsque la représentation de la fonctionnalité est visuelle, il faut lui attribuer un (ou plusieurs) emplacement(s). L'attribution d'un espace pour la fonctionnalité est très fortement dépendante de sa temporalité et de son mode de représentation. Cet espace peut se situer dans l'écran de l'activité d'apprentissage principale (exercices, etc.) **(a)**, sur la page de navigation entre les exercices **(b)**, à la fin d'une tâche **(c)**, ou sur la page de profil d'un utilisateur **(d)**. Il est aussi possible de placer cette information dans un message **(e)**, celui-ci pourra par exemple être notifié à l'apprenant dans l'environnement d'apprentissage, ou dans un e-mail.

Accès (P11). La dernière propriété détermine si seul l'utilisateur concerné a accès à l'information **(a)**, ou si les autres utilisateurs peuvent y accéder aussi **(b)**, ce qui peut être une manière indirecte de créer de la compétition ou de la collaboration.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Complément 2 : Détail des types de joueurs

Extrait de : **Bateman, C., Lowenhaupt, R., & Nacke, L. E. (2011).** *Player typology in theory and practice.* In Proceedings of DiGRA. Consulté à l'adresse http://onlyagame.typepad.com/Player%20Typology.digra2011.pdf

Seeker: "*I wonder what's out there...*"
You like finding strange and wonderful things, or finding familiar things.

Following research by Biederman and Vessel, the archetypal Seeker is motivated by interest mechanism, which relates to the part of their brain processing sensory information (i.e., the sensory cortices) and the memory association area (i.e., hippocampus). The Seeker type is curious about the game world and enjoys moments of wonder, preferring play in the manner of Lazzaro's Easy Fun.

Survivor: "*I'll find a way to get through alive.*"
You like escaping from hideous and scary threats, pulse-pounding risks.

While terror is a strong negative experience, certain people enjoy the intensity of the associated experience, at least within the context of fictional activities such as horror movies and games. The state of arousal associated with epinephrine becomes that of terror as a result of the action of the fear center, which becomes hyperactive when a situation is assessed as frightening (based on prior experience, and certain instinctive aversions). It is not yet clear whether the enjoyment of fear should be assessed in terms of the intensity of the experience of terror itself, or in terms of the relief felt afterwards.

Daredevil: "*All for the rush.*"
You like negotiating dizzying platforms or rushing around at high speed while you are still in control.

This play style is all about the thrill of the chase, the excitement of risk taking and generally playing on the edge. Game activities such as negotiating dizzying platforms or rushing around at high speeds while still in control typify the implied play preference. The distinction being the degree of fear experienced: in the case of the Survivor, a player subjectively enjoys feeling terrorized, albeit in a fictional context, whereas the Daredevil archetype seeks excitement solely as a positive experience.

Mastermind: "*I know what to do.*"
You like solving puzzles and devising strategies.

A fiendish puzzle that defies solution or a problem that requires strategy to overcome is the essence of fun to this archetype. Players who fit this archetype enjoy solving puzzles and devising strategies, as well as focusing on making the most efficient decisions. Whenever players face puzzles or must devise strategies, the decision center of the brain and the close relationship between this and the pleasure center ensures that making good decisions is inherently rewarding.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Conqueror: "*I cannot be defeated!*"
You like defeating impossibly difficult foes, struggling until you eventually achieve victory, and beating other players.

Some players aren't satisfied with winning easily—they want to struggle against adversity. Players fitting the Conqueror archetype enjoy defeating impossibly difficult foes, struggling until they achieve victory, and beating other players. They behave forcefully, channeling their anger to achieve victory and thus experience fiero. Anger serves to motivate opposition and hence to encourage persistence in the face of challenge, and testosterone may also have an important role in this behavior (irrespective of gender).

Socializer: "*Can I help?*"
You like hanging around with people you trust, and helping people.

People are a primary source of enjoyment for players fitting a Socializer archetype—they like talking to them, they like helping them, they like hanging around with people they trust. Players whose preference for play fits this pattern tend to be trusting, and they get angry at those who abuse their trust.

Achiever: "*I can do it.*"
You like collecting anything you can collect, and doing everything you possibly can.

Players who fit the Achiever archetype will collect and complete everything they can find—no ''grind'' is too arduous for such a player! In their pursuit of the satisfaction of a completed task, Achiever-style play should be understood as being ultimately obsessive in its focus. While a Conqueror can be seen as challenge-oriented, the Achiever archetype is more explicitly goal-oriented, motivated by long-term achievements. This distinction can be subtle, but it is nonetheless important: preference for Achiever-style play is rooted in 'ticking boxes', while preference for Conqueror-style play is rooted in defeating challenges. Achievers therefore prefer games amenable to ultimate completion, especially digital RPGs, whose self-adjusting difficulties ensure completion as a result of perseverance.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Complément 3 : Exemple de fiche de spécifications complétée

Intitulé : Meilleure série de bonnes réponses

Les **actions** du joueur prises en compte : (lister les actions)

- Bonne réponse de l'utilisateur
- Mauvaise réponse de l'utilisateur

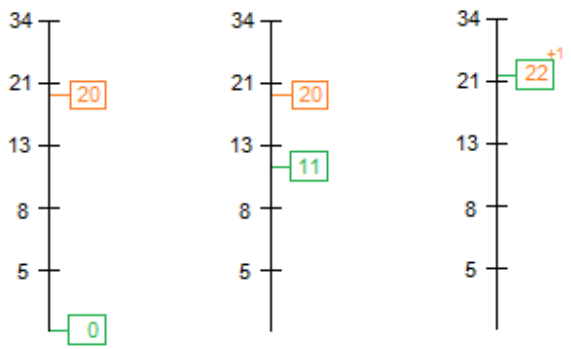
Les **informations** apportées à l'utilisateur : (détailler les informations)

- Nombre de bonnes réponses depuis la dernière mauvaise réponse
- Meilleur nombre de bonnes réponses consécutives atteint

Le **fonctionnement** des éléments : (décrire les calculs appliqués suite à chaque action)

- Quand l'utilisateur fait une bonne réponse, alors
  - son nombre de bonnes réponses actuel augmente de 1
  - si son nombre actuel est plus grand que son meilleur score, alors son meilleur score augmente de 1
- Quand l'utilisateur fait une mauvaise réponse, alors
  - son nombre de bonnes réponses actuel devient 0

La **représentation** de la fonctionnalité : (dessiner les éléments de la fonctionnalité dans l'interface du logiciel)



Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Annexe V : Questionnaire BrainHex en Français

Le questionnaire compote 28 items.

Pour les 21 premiers items, l'utilisateur a cinq réponses possibles, chaque réponse lui attribuant un nombre de points différents pour le score du type de joueur associé.

« Oui j'adore » donne 4 points
« J'aime bien » donne 2 points
« Pourquoi pas » ne donne pas de points
« Bof » donne (-1) point
« Non, pas pour moi » donne (-2) points

Les 7 derniers items doivent être classés par l'utilisateur selon son ordre de préférence. Selon son classement, un item donnera 2, 4, 6, 8, 10, 12 ou 14 points.

Les items d'un même type de joueur ne sont pas présentés à la suite.
Items associées au *Seeker* : 1, 13, 18, 23
Items associées au *Survivor* : 2, 14, 19, 24
Items associées au *Daredevil* : 3, 8, 20, 25
Items associées au *Mastermind* : 4, 9, 21, 26
Items associées au *Conqueror* : 5, 10, 15, 27
Items associées au *Socializer* : 6, 11, 16, 28
Items associées à *l'Achiever* : 7, 12, 17, 22

Le score total sur chaque type de joueur s'obtient en faisant la somme des scores obtenus sur les quatre items associés.

<u>Questionnaire :</u>

Partie 1 : Quelles sont les situations que vous trouvez amusantes ?

1/ Me balader sans savoir sur quoi je vais tomber :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

2/ Fuir un dangereux ennemi :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

3/ Eviter des obstacles de justesse en allant à toute vitesse :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

4/ Résoudre une énigme :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

5/ Jouer à 1 contre 1 avec un ami et gagner :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

6/ Discuter de toute et de rien :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

7/ En fouillant dans une pièce, trouver l'objet que je cherchais depuis des jours :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

8/ Être sur le point de battre mon record à un jeu :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

9/ Trouver la bonne stratégie :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

10 : Prendre le dessus sur un adversaire très fort pendant un match :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

11/ Jouer avec des gens que je ne connaissais pas :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

12/ Trouver le dernier objet qu'il manquait pour compléter une collection :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

13/ Simplement regarder le paysage et les gens qui passent :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

14/ Regarder un film d'horreur :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

15/ Réussir un défi après avoir échoué plusieurs fois :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

16/ Aider quelqu'un qui n'a pas compris :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

17/ Passer de 99% à 100% de progression d'une tâche longue et difficile :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

18/ Découvrir enfin ce qu'il y a derrière une porte qui était fermée à clé :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

19/ Être bien caché quand un ennemi passe tout près de moi :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

20/ Prendre des risques contrôlés :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

21/ Trouver tout seul la solution à un problème :
o Oui j'adore ça ! o J'aime bien o Pourquoi pas o Bof o Non, pas pour moi

Partie 2 : Classez ces actions de celle qui vous intéresse le moins à celle que vous préférez.

22/ Réaliser un objectif que je m'étais fixé il y a très longtemps.

23/ M'émerveiller devant la beauté époustouflante.

24/ Sentir que mon cœur va s'arrêter tellement j'ai eu peur.

25/ Avoir le souffle coupé par une vitesse vertigineuse.

26/ Avoir le déclic pour réaliser un casse-tête difficile.

27/ Savourer ma victoire après un long match.

28/ Se comprendre tellement bien avec une autre personne qu'un seul regard suffit pour être d'accord.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Annexe VI : Questionnaire final de l'expérience 1

La fonctionnalité nouvelle que j'ai eu était *
> Les étoiles
> Le tableau de score
> Les astuces
>je ne sais pas
*

	Oui	plutôt oui	plutôt non	Non
J'ai utilisé cette fonctionnalité	○	○	○	○
Elle était utile	○	○	○	○
Elle était amusante	○	○	○	○

Ça m'a dérangé que d'autres élèves n'aient pas la même fonctionnalité que moi. *

○ oui
○ plutôt oui
○ plutôt non
◉ non

En fait j'aurais préféré avoir *
> Les étoiles
> Le tableau de score
> Les astuces
> Rien d'autre

Je trouve que le Projet Voltaire est trop compliqué à utiliser. *

○ oui
○ plutôt oui
○ plutôt non
○ non

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Annexe VII : Questionnaire de motivation

Les items suivants sont traduits du questionnaire *SItuational Motivation Scale* de Guay *et al.* [Gau00].

Les items correspondant à la motivation intrinsèque sont : 1, 4, 7, 10.
Les items correspondant à la régulation identifiée sont : 2, 5, 8, 11.
Les items correspondant à l'amotivation sont : 3, 6, 9, 12.

Pourquoi utilisez-vous le Projet Voltaire XP ?
Listez attentivement chaque proposition, et choisissez la valeur qui convient selon cette échelle : 1 = Ne correspond pas du tout, 2 = Correspond très peu, 3 = Correspond un peu, 4 = Correspond moyennement, 5 = Correspond assez, 6 = Correspond très bien, 7 = Correspond parfaitement.

1/ Parce que je pense que c'est intéressant.

2/ Parce que je le fais pour mon propre bien.

3/ Il doit y avoir de bonnes raisons de l'utiliser, mais finalement je ne vois pas lesquelles.

4/ Parce que je trouve ça agréable.

5/ Parce que je pense que c'est bon pour moi.

6/ Je l'utilise, mais je ne suis pas sûr que ça en vaille la peine.

7/ Parce que c'est amusant.

8/ De mon propre choix.

9/ Je ne sais pas, je ne vois pas ce que ça m'apporte.

10/ Parce que je me sens bien quand je le fais.

11/ Je crois que c'est important pour moi.

12/ Je le fais, mais je ne suis pas sûr que ce soit une bonne idée de continuer.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

Annexe VIII : Protocole d'évaluation de l'algorithme de mise à jour du profil

A. Hypothèses de recherche

(1) Les actions de l'utilisateur sur les fonctionnalités ludiques permettent de déterminer les fonctionnalités qui lui correspondent le mieux.
(2) Les actions de l'utilisateur sur les fonctionnalités ludiques permettent d'améliorer son profil de joueur.

B. Matériel

Nous avons utilisé le Projet Voltaire avec ses cinq prototypes de fonctionnalités. La croix permettant de fermer les fonctionnalités a été mise plus en évidence, afin d'augmenter la proportion d'utilisateurs ayant conscience de cette possibilité.

C. Protocole

Profil Réel : Les utilisateurs ont rempli le questionnaire BrainHex. Les résultats donnent leur **profil réel** : la matrice **BR**. Sa multiplication par A donne la matrice de score des fonctionnalités (**RR**) qui permet de prédire les deux fonctionnalités les plus adaptées (**FR**).

Profil Initial : Pour l'expérience, nous avons généré les profils initiaux de la façon suivante. A partir du profil standard moyen [13,0 | 0,0 | 6,2 | 13,8 | 10,1 | 13,6 | 13,4], nous avons appliqué sur chaque type de joueur une variation aléatoire allant de -4 à 4, ce qui correspond à l'écart type standard sur un type de joueur. Nous avons ainsi construit ainsi un ensemble de profils aléatoires mais réalistes. Cette initialisation a donc été réalisée dans utiliser les informations sur les profils réels de joueurs.

Le **profil initial** pour l'ensemble des utilisateurs constitue la matrice **BI**. Sa multiplication par A donne la matrice de score des fonctionnalités (**RI**). La matrice RI a été normalisée de façon à égaliser la probabilité de tirage de chaque fonctionnalité. Elle a ensuite été utilisée pour sélectionner les deux fonctionnalités initiales pour l'expérience (**FI**).

Profil Modifié : Il a été demandé aux utilisateurs de passer au moins une heure sur le Projet Voltaire pendant une période de trois semaines. Aucune récompense ni punition ne sanctionnait le respect de cette contrainte. Quand un utilisateur ferme une fonctionnalité, son profil est mis à jour en conséquence avec la valeur $S_{off} = 0,8$.

Les **profils modifiés** créent ainsi la matrice **BM** à partir de BI. Sa multiplication par A donne la matrice de score des fonctionnalités (**RM**) qui permet d'identifier deux fonctionnalités (supposées) mieux adaptes que celles attribuées initialement (**FM**).

Pour tester l'hypothèse (1), il faut comparer la distance entre les matrices FI et FR à celle entre FM et FM.
Pour tester l'hypothèse (2), il faut comparer la distance entre les matrices RI et RR à celle entre RM et RR.

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés

FOLIO ADMINISTRATIF

THESE SOUTENUE DEVANT L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON

NOM : MONTERRAT DATE de SOUTENANCE : 11 décembre 2015 Prénoms : Baptiste, Jean
TITRE : Un système de ludification adaptative d'environnements d'apprentissage fondé sur les profils de joueur des apprenants
NATURE : Doctorat Numéro d'ordre : 2015 ISAL 0122 Ecole doctorale : Info Maths Spécialité : Informatique
Code B.I.U. – Lyon : T 50/210/19 / et bis CLASSE :
RESUME : La ludification des environnements d'apprentissage humain est une approche de plus en plus utilisée pour répondre au manque de motivation des apprenants. Or, plusieurs résultats de recherche montrent que les apprenants ont des sensibilités différentes face aux mécaniques de jeu qui leur sont proposées. Nos travaux de thèse partent du constat que les systèmes de ludification actuels ne prennent pas en compte la diversité des préférences individuelles. Nous proposons de traiter la problématique de l'adaptation des éléments ludiques aux profils des apprenants suivant leurs caractéristiques en tant que joueurs. Nous nous inspirons d'approches existantes dans le domaine des jeux afin de proposer un modèle générique permettant d'adapter les fonctionnalités ludiques selon les profils de joueur des apprenants.
MOTS CLES : Ludification, Environnement Informatique d'Apprentissage Humain (EIAH), Adaptation, Motivation, Modèle de joueur
Laboratoire(s) de recherches : LIRIS
Directeur de thèse : Sébastien GEORGE
Président du jury : Stéphane NATKIN Composition du jury : Pascal ESTRAILLIER, Baltasar FERNANDEZ-MANJON, Sébastien GEORGE, Élise LAVOUÉ, Vanda LUENGO, Christine MICHEL, Stéphane NATKIN

Cette thèse est accessible à l'adresse : http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0122/these.pdf
© [B. Monterrat], [2015], INSA Lyon, tous droits réservés