

HEC MONTRÉAL

**EXPLORATION DES FACTEURS INFLUANT LES PERCEPTIONS
D'UTILITÉ ET D'UTILISABILITÉ D'UN JEU SÉRIEUX CHEZ LES
PROFESSEURS EN TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION**

par

Maxime-Ollivier Lardet

**Sciences de la gestion
(Option Technologies de l'information)**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention
du grade de maîtrise ès sciences en gestion
(M. Sc.)*

Décembre 2019
© Maxime-ollivier Lardet, 2019

Retrait d'une ou des pages pouvant contenir des renseignements personnels

I. Résumé

Origine : Les jeux sérieux reçoivent un intérêt croissant dans le domaine de l'éducation, surtout dans le domaine des technologies de l'information (TI). Cependant, ces jeux sont confrontés à plusieurs freins qui limitent leur adoption. Parmi ces freins, on retrouve en premier, le temps de formation des professeurs tandis que le second frein vient de la difficulté à allier un réalisme accru et une complexité adaptée au niveau des étudiants.

Objectif : L'objectif de ce mémoire est d'explorer les différents facteurs susceptibles d'impacter les perceptions d'utilité et d'utilisabilité d'un jeu sérieux chez les professeurs en TI.

Méthodologie : Afin d'atteindre cet objectif, nous avons appliqué une méthodologie design science en trois phases. Cette méthodologie a été choisie, car elle nous permettait d'explorer, dans un premier temps, à l'aide d'entrevues semi-structurées, les facteurs impactant l'utilité perçue des jeux sérieux par des professeurs. Par la suite, cette méthodologie nous indiquait de créer des artefacts répondant aux facteurs et besoins exprimés. Dans la deuxième phase, nous avons effectué des observations sur l'interaction entre les participants et les artefacts développés, suivis de courtes entrevues. Cette phase nous a permis de tester une proposition de recherche sur l'utilisabilité et a par la suite mené à la modification des artefacts en fonction des rétroactions des professeurs. La troisième étape consistait également en des observations et des entretiens afin de déterminer si les nouveaux artefacts répondaient aux besoins des professeurs et par la même occasion de tester une proposition de recherche sur l'utilisabilité.

Résultat : Nos résultats suggèrent que trois principaux facteurs influencent la perception de l'utilité. Le premier facteur est la possibilité de rendre visibles les paramètres du jeu sérieux. Le second facteur est la variété des objectifs pédagogiques supportés par le jeu sérieux. Enfin, le troisième facteur est la capacité à adapter la difficulté du jeu sérieux en fonction de la complexité souhaitée et de la compétence des apprenants. Concernant la perception d'utilisabilité, nos résultats suggèrent deux principaux facteurs pouvant l'influencer. Le premier facteur est la mise en place d'outils permettant la diminution des erreurs commises par le participant. Tandis que le second facteur est l'intégration au sein des artefacts de l'effet appelé d'isolation des éléments. Cependant, ce dernier facteur n'a été que partiellement supporté.

Mots clés : Interfaces, Jeu sérieux, Complexité, Progiciel de gestion intégrée, Simulation, Approche qualitative, Exploration, Utilité perçue, Utilisabilité perçue

II. Table des matières

I. Résumé	vii
II. Table des matières.....	ix
III. Liste des tableaux	xi
IV. Liste des figures	xii
V. Remerciements	xiv
1. Introduction	1
2. Revue de la littérature	4
2.1 Les jeux sérieux.....	4
2.2 Le modèle d'acceptation de la technologie.....	8
2.3 La Théorie sociale cognitive	9
2.3.1 Approche vicariante.....	11
2.3.2 Approche éactive.....	11
2.3.3 Combinaison de l'approche vicariante et de l'approche éactive.....	12
2.4 Zone proximale de développement	12
2.5 Méthodologie de résolution de problèmes.....	16
2.5.1 Définition d'un Problème.....	16
2.5.2 Résolution de problème.....	18
2.6 Charge cognitive	22
2.6.1 Les dimensions de charge cognitive	23
2.6.2 Effet sur la charge cognitive	25
2.7 Utilisabilité	26
2.7.1 Objectif de l'utilisabilité	26
2.8 Ergonomie	27
2.8.1 Critère d'ergonomie.....	28
3. Modèle de recherche	32
4. Méthodologie générale	37
4.1 Première collecte de données : Détermination des requis.....	38
4.2 Deuxième et troisième collecte de données : Évaluation des ensembles d'interfaces.....	40
4.2.1 Problèmes lors de la deuxième collecte.....	42
4.3 Échantillon	42
4.4 Analyse des données	45
4.4.1 La grille de codification	46
5. Création et Évaluation	50

5.1 Itération 1 : Détermination des requis	50
5.1.1 Analyse & Résultats	50
5.1.2 Création de l'interface	62
5.2 Itération 2 : Création & Évaluation de l'interface	76
5.2.1 Analyse.....	76
5.2.2 Résultat.....	81
5.2.3 Modification de l'interface.....	85
5.3 Itération 3 : Modification & Évaluation de l'interface	106
5.3.1 Analyse.....	106
5.3.2 Résultat.....	115
6. Discussion	121
6.1 Objectif et méthodologie de la recherche.....	121
6.2 Principaux résultats	122
7. Conclusion	125
7.3 Limites	131
7.4 Recherches futures	132
8. Bibliographie	134
9. Annexes	139
Annexe 1 : Guide d'entrevue	139
Annexe 2 : Exemple Tâche d'analyse	139
Annexe 3 : Exemple Tâche de création	140
Annexe 4 : Données démographiques	140

III. Liste des tableaux

Tableau 1 Données démographiques : Première et deuxième collecte de données	44
Tableau 2 Données démographiques : Troisième collecte de données	45
Tableau 3 Variables de la grille de codification	47
Tableau 4 Variables contextuelles	49
Tableau 5 Ensemble des requis.....	62
Tableau 6 Nombre d'erreurs par interface individuelle de la troisième collecte.....	114
Tableau 7 Liste des contributions pratiques	129

IV. Liste des figures

Figure 1 Modèle d'acceptation de la technologie.....	9
Figure 2 Modèle de causalité de la triade de la réciprocité	10
Figure 3 Zone proximale de développement	13
Figure 4 Modèle de recherche	36
Figure 5 Application méthodologie Design Science.....	38
Figure 6 Résumé de la méthodologie de recherche	42
Figure 7 Gabarit interface individuelle sur plusieurs pages/Itération 1	64
Figure 8 Exemples préconstruits/plusieurs pages/Itération 1	65
Figure 9 Market Variation/ Création/ plusieurs pages/ Non bloqués/ Itération 1.....	65
Figure 10 Market Preference / Création/ Plusieurs pages/ Non Bloqués/ Itération 1	66
Figure 11 Market Variation/ Création/ Plusieurs pages/ Non bloqués/ Itération 1	66
Figure 12 Price Elasticity/ Création/ Plusieurs pages/ Non bloqués/ Itération 1.....	67
Figure 13 Market Sensitivity/ Création/ Plusieurs pages/ Non bloqués/ Itération 1	68
Figure 14 Market Preference selection / Création/ Plusieurs pages/ Bloqués/ Itération 1	68
Figure 15 Market Preference / Création/ Plusieurs pages/ Bloqués/ Itération 1.....	69
Figure 16 Market Variation/ Création/ Plusieurs pages/ Bloqués/ Itération 1	69
Figure 17 Price Elasticity / Création/ Plusieurs pages/ Bloqués/ Itération 1.....	70
Figure 18 Marketing Sensitivity/ Création/ Plusieurs pages/ Bloqués/ Itération 1.....	70
Figure 19 Interface/ Création/Une page/ Non bloqués/ Itération 1	71
Figure 20 Market Preference / Création/Préconstruits/ Plusieurs pages/ Non bloqués/ Itération 1	72
Figure 21 Market Preference / Analyse/ Tableau/ Plusieurs pages/ Itération 1	72
Figure 22 Market Preference / Analyse/ Graphiques/ Plusieurs pages/ Itération 1	73
Figure 23 Market Variation/ Analyse/ Graphiques/ Plusieurs pages/ Itération 1	74
Figure 24 Exemple Market Variation	74
Figure 25 Price Elasticity/ Analyse/ Graphiques/ Plusieurs pages/ Itération 1	75
Figure 26 Marketing Sensitivity/ Analyse/ Graphiques/ Plusieurs pages/ Itération 1	75
Figure 27 Accueil/Itération 2.....	89
Figure 28 Accueil/Sélection de scénarios/Itération 2	90
Figure 29 Summary/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2	90
Figure 30 Notes/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2	91
Figure 31 Market Preference / Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2.....	92
Figure 32 Market size / Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2	93
Figure 33 Market breakdown / Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2	95
Figure 34 Market breakdown non égal à 100 %/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2.....	95
Figure 35 Raw Materials Variation/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2	97
Figure 36 Price Sensitivity/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2	98
Figure 37 Marketing Sensitivity/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2	99
Figure 38 Quality sensitivity/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2	100
Figure 39 News/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2.....	101
Figure 40 Save/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2.....	101

Figure 41 Save/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2.....	102
Figure 42 News/ Création/ Une Page/ Itération 2.....	103
Figure 43 Accueil - Itération 2.....	103
Figure 44 Sélection des scénarios/Itération 2.....	104
Figure 45 Summary/ Analyse/ Plusieurs Pages/ Itération 2.....	105
Figure 46 Résultat du modèle de recherche	124

V. Remerciements

Ce mémoire marque la conclusion d'un an et demi de travail et je tiens remercier toutes les personnes qui par leur aide et leur soutien l'ont rendu possible. Premièrement, je souhaite remercier mes directeurs de recherche, Gilbert Babin et Pierre-Majorique Léger de m'avoir accompagné lors de ce mémoire. De plus, je leur suis reconnaissant de m'avoir permis de faire cette recherche au sein du laboratoire ERPsim et du Tech3lab.

Je souhaite aussi remercier toute l'équipe du laboratoire ERPsim pour leur aide au cours de cette année et demie. Plus particulièrement, j'aimerais remercier Karl et Félix qui m'ont aidé maintes fois dans ma recherche et m'ont offert la flexibilité dont j'avais besoin pour effectuer mes recherches.

Je tiens aussi à remercier très chaudement Fouzi et Morgane qui ont passé de longues journées à m'aider lors de l'écriture.

Enfin, je voudrais remercier ma famille pour le support indéfectible dont ils ont fait preuve à chaque instant.

1. Introduction

Les jeux sérieux seraient apparus il y a plus de quatre mille ans en Asie et auraient principalement été utilisés dans l'enseignement des tactiques militaires (Susi, Johannesson et Backlund, 2007). Cependant ces jeux ont connu un nouvel essor lors du 20^{ième} siècle avec leur application non seulement dans le domaine de la guerre, mais aussi dans d'autres champs de l'éducation comme l'histoire, la santé (Djaouti *et al.*, 2011) ou les affaires (Lee, Padmanabhan et Whang, 1997). Au cours du 21^{ième} siècle, les jeux sérieux ont vu l'intérêt à leur égard croître. En effet, en 2010 le budget alloué aux jeux sérieux s'élevait à 1,5 milliard de dollars (Djaouti *et al.*, 2011) et on estime que celui-ci devrait atteindre 9,2 milliards d'ici 2023 (Allied_Market_Research, 2017) soit une augmentation d'environ 15 % par an.

L'engouement pour les jeux sérieux s'explique par le fait qu'ils permettent de créer des situations réalistes (Léger *et al.*, 2011) tout en permettant d'enseigner des compétences qui seraient complexes, dangereuses, chronophages ou ennuyantes d'enseigner autrement (Grantcharov *et al.*, 2003; International, 2000). Cette variété de situations réalistes, qui ne pourraient pas être faites autrement, permet d'accompagner un échange entre le professeur et les étudiants, ce qui accroît l'apprentissage (Mouahed *et al.*, 2012; Wood, Bruner et Ross, 1976). Cependant, malgré des avantages certains, plusieurs problèmes freinent leur adoption. Le premier d'entre eux est le dilemme entre un réalisme accru et la difficulté de prise en main (Léger *et al.*, 2012). En effet, plus la simulation est réaliste plus celle-ci a des chances de devenir complexe pour les étudiants. Le second frein vient du fait que les professeurs ne disposent pas forcément du temps nécessaire pour apprendre à utiliser ces jeux sérieux (Léger *et al.*, 2011).

Au vu du marché croissant des jeux sérieux ainsi que leurs forces et faiblesses, nous avons voulu explorer les facteurs qui impactaient la perception de l'utilité et de l'utilisabilité d'un jeu sérieux chez les professeurs qui les utilisent dans leur enseignement. En effet, la compréhension de ces facteurs nous permettra de dresser des recommandations aux développeurs de jeu sérieux afin qu'ils puissent satisfaire leurs clients (c.-à-d., les enseignants). Afin de répondre à cet objectif, nous avons effectué une recherche exploratoire. Ce type de recherche est notamment utilisé pour

« étudier les possibilités d'entreprendre une étude de recherche particulière »¹ et peut-être groupée à une étude de faisabilité (Kumar, 2014). De plus nous avons utilisé la méthodologie Design science, car celle-ci est complémentaires avec une recherche exploratoire. En effet, l'approche exploratoire nous permet de suggérer des facteurs ayant un impact sur l'utilité perçue. Ces facteurs étant ensuite utilisés lors de la création de l'artéfact préconisé par la méthodologie de design science. En effet, la méthodologie Design science demande que l'artéfact créé réponde à des critères d'utilité. De plus, cet artéfact créé nous permettra de tester des propositions de recherche sur les critères impactant l'utilisabilité d'un jeu sérieux. Pour nous aider à explorer les facteurs qui peuvent impacter l'utilité d'un jeu sérieux, nous étudierons les théories de l'éducation, telles que la théorie sociale cognitive et la zone proximale de développement. Cela afin de déterminer les objectifs pédagogiques que les jeux sérieux peuvent aider à atteindre. Dans un second temps, nous étudierons les facteurs qui peuvent impacter l'utilisabilité d'un outil permettant de répondre aux facteurs qui impacter l'utilité.

Étant données les éléments précédemment cités, ce mémoire a pour objectif de répondre à la question de recherche suivante :

Quels sont les différents facteurs susceptibles d'impacter les perceptions d'utilité et d'utilisabilité d'un jeu sérieux chez les professeurs en TI?

Afin de répondre à cette question de recherche, nous utiliserons une méthodologie basée sur le design science tel que théorisé par Hevner et ses collègues (2004). Cette méthodologie a été choisie, car elle utilise une approche de recherche centrée sur le développement d'un artéfact qui doit résoudre un problème (Hevner *et al.*, 2004). Par conséquent, notre recherche sera divisée en trois phases. La première phase aura pour objectif d'explorer les facteurs impactant la perception de l'utilité d'un jeu sérieux afin que l'artéfact réponde à ces facteurs. Dans la deuxième et troisième phase, les facteurs impactant l'utilisabilité de cet artéfact seront évalués.

Ce mémoire se divise en sept chapitres. Dans le premier chapitre, nous avons présenté l'objectif de cette étude. Dans le deuxième chapitre, nous présentons une revue de littérature regroupant les

¹ Traduction libre de « investigating the possibilities of undertaking a particular research study »

connaissances sur les jeux sérieux, les théories de l'éducation et sur les éléments impactant la complexité d'une tâche. L'objectif de ce chapitre est de faire un état de l'art des connaissances sur l'apprentissage et sur la manipulation de la difficulté d'utilisation d'une interface. Le chapitre suivant de ce mémoire a pour objectif de définir le modèle de recherche et les hypothèses qui y sont liées. Le chapitre 4 explique en détail la méthodologie de collecte et d'analyse de données. Par la suite, le chapitre 5 traite les trois collectes de données et les deux itérations de développement qui en découlent. Le chapitre 6 a pour objectif de discuter sur les résultats obtenus. Enfin le chapitre 7 présente la conclusion et les contributions de ce mémoire.

2. Revue de la littérature

2.1 Les jeux sérieux

Les jeux sérieux se définissent comme étant des «jeux conçus dans un objectif différent du pur divertissement»² (De Gloria *et al.*, 2014; Djaouti *et al.*, 2011; Susi, Johannesson et Backlund, 2007). Ces jeux sont apparus à plusieurs reprises dans l'histoire de l'humanité. En effet, on peut citer le *Chaturanga* et le *Wei Hei* venant respectivement d'Inde et de Chine il y a quatre mille ans (Susi, Johannesson et Backlund, 2007) et dont découle le *kriegsspiel* créé au 19^{ième} siècle afin d'enseigner les techniques militaires en Allemagne (Djaouti *et al.*, 2011).

Au cours du 20^{ième} siècle, plusieurs jeux sérieux provenant de différents domaines sont apparus. On peut notamment citer le *Link Flight Training* développé par Ed Link qui permettait d'enseigner le pilotage des avions afin de réduire les accidents et les coûts de formation (International, 2000). Il y eut aussi le *HUTSPIEL* créé en 1955 pour simuler l'impact de bombes nucléaires sur un champ de bataille (Djaouti *et al.*, 2011). Dans les années 1970 fut créé l'*Oregon Trail* afin d'enseigner l'histoire tandis que le *Beer Game* est apparu dans les années 1960 pour enseigner des notions avancées dans le domaine de l'approvisionnement tel que le *Bullwhip Effet* (Lee, Padmanabhan et Whang, 1997). À cela s'ajoutent des jeux sérieux orientés vers la santé comme *Captain Novolin* qui avait pour objectif d'expliquer aux enfants atteints de diabète la manière d'utiliser leur insuline (Djaouti *et al.*, 2011) ou encore, *CliniSpaceTM* qui a pour objectif d'entraîner le personnel médical (Graafland, Schraagen et Schijven, 2012).

Bien qu'ancien, le concept de jeu sérieux a connu un regain d'intérêt dans les années 2002 avec la simulation militaire *America's Army* utilisée par l'armée américaine et menant à la première définition du terme par Sawyer et Rejeski (Djaouti *et al.*, 2011). Depuis ce moment, le marché des jeux sérieux croît de manière importante passant d'une taille de 1,5 milliard de dollars US en 2010 (Djaouti *et al.*, 2011) à 2,7 milliards en 2016 (Allied_Market_Research, 2017) et devrait selon les estimations atteindre 9,2 milliards d'ici 2023 (Allied_Market_Research, 2017). À cela s'ajoute que ces jeux sérieux servent aussi lors de certaines formations en entreprise (Graafland, Schraagen et Schijven, 2012). Or ce marché est passé de 51 milliards de dollars en 2004 (Scott et Walczak,

² Traduction libre de « games designed for a primary goal different from pure entertainment »

2009) à plus de 87,6 milliards en 2017 (Freifeld, 2019), soit environ 1 296 \$ par an et par employé en 2017 au sein des entreprises œuvrant aux États-Unis (ATD Research, 2019). Ainsi, bien que toutes les formations n'utilisent pas de jeux sérieux (Graafland, Schraagen et Schijven, 2012), il existe un marché conséquent pour le développement de cette technologie.

Au vu de la taille et de l'importance croissante des jeux sérieux, il semble pertinent de se questionner sur ce qui constitue leur force dans l'enseignement, mais aussi sur les limites qui contraignent leur croissance.

Une première force des jeux sérieux est de pouvoir s'appliquer à des cas où il serait dangereux, onéreux ou chronophage de procéder autrement. Dans ce cadre, on retrouve les simulations de pilotage qui ont permis de diminuer le nombre de morts en formation, mais aussi les coûts liés à la destruction d'un avion tout en augmentant le nombre de pilotes formés (International, 2000). Dans un autre contexte, il y a les formations médicales où il peut être difficile de s'entraîner (Graafland, Schraagen et Schijven, 2012), notamment en chirurgie (Grantcharov *et al.*, 2003).

La deuxième grande force des jeux sérieux est leur capacité à recréer une variété de situations proches du monde réel (Léger *et al.*, 2011). En effet, lors des formations traditionnelles, les étudiants sont majoritairement confrontés à des problèmes ayant une réponse juste et unique tandis que dans le monde professionnel, les solutions sont en général multiples et incertaines (Connolly et Stansfield, 2006). Cette différence provient notamment du fait que créer des exercices proches de réalités serait à la fois complexe et chronophage pour le professeur (Cameron *et al.*, 2012) et difficile à résoudre par les étudiants n'ayant pas les connaissances adéquates (Connolly et Stansfield, 2006). Cette force peut être reliée au concept de l'apprentissage situationnel³. En effet ce type d'apprentissage recommande l'utilisation d'un contexte réaliste dans lequel l'étudiant effectue des tâches authentiques (Mouahed *et al.*, 2012). De plus, la variété des situations couplée à un échange entre le professeur et les étudiants offre un atout majeur lors de l'enseignement de concept pédagogique (Mouahed *et al.*, 2012). Pour comprendre en quoi les jeux sérieux apportent une variété de situations comparativement aux enseignements traditionnels, on peut s'attarder sur les autres approches utilisées par les professeurs afin d'enseigner des cas réels. Il y a notamment

³ Traduction libre de « Situated Learning »

les cas pédagogiques qui permettent de mettre les étudiants dans une situation précise et de leur demander une solution par rapport aux problèmes énoncés (Cameron *et al.*, 2012). Cependant, les étudiants n'ont pas forcément connaissance de l'état de la technologie disponible ni des réalités de l'entreprise à l'époque. Cela a pour conséquence qu'il peut être complexe pour les étudiants de répondre adéquatement aux problèmes posés (Cameron *et al.*, 2012). À l'opposé, il y a les conférenciers qui expliquent la situation de manière précise, mais ne permettent pas aux étudiants de pratiquer la résolution de ce cas (Cameron *et al.*, 2012). Finalement il y a la combinaison des deux méthodes, celle-ci a comme avantage de permettre aux étudiants de pratiquer le cas en ayant accès à une personne qui a vécu la situation. Cependant, cette méthode a comme inconvénient principal d'être extrêmement chronophage et difficilement reproductible en raison du besoin d'avoir une personne de la compagnie présente (Cameron *et al.*, 2012).

La troisième grande force des jeux sérieux est leur capacité à être à la fois divertissante afin d'augmenter l'engagement des utilisateurs tout en étant instructifs (Léger *et al.*, 2011). En effet, bien que leur but premier ne soit pas d'être amusants (Djaouti *et al.*, 2011), il a été constaté que le manque de divertissement entraînait un échec de l'apprentissage (Susi, Johannesson et Backlund, 2007). Dans ce cadre, il y eut les jeux de type *Edutainment* dans les années 1990 qui avaient pour objectif d'enseigner la lecture, les mathématiques et les sciences aux jeunes enfants. Ces jeux échouèrent dans leur objectif d'enseignement, car ils étaient ennuyants et provoquaient une perte d'apprentissage (Susi, Johannesson et Backlund, 2007; Van Eck, 2006).

La quatrième grande force des jeux sérieux est le fait qu'ils se reposent sur un enseignement à base de résolution de problème (Léger *et al.*, 2012). Or une méta-analyse a prouvé que les exercices tournés vers la résolution de problème engendrent un meilleur apprentissage notamment au niveau des compétences apprises et que celles-ci sont mémorisées plus longtemps (Dochy *et al.*, 20013).

En résumé, nous avons vu que les jeux sérieux, grâce à leurs nombreuses forces, sont des outils potentiellement très utiles pour les professeurs. En effet, ils permettent aux professeurs d'enseigner des connaissances qui seraient difficiles d'enseigner autrement, soit pour des raisons de dangerosité, de coûts, de temps ou de nécessité de variété. De plus, les jeux sérieux sont des outils d'apprentissages divertissants ce qui permet d'augmenter l'engagement des étudiants et donc leur apprentissage. Un dernier élément qui montre l'utilité des jeux sérieux est le fait qu'ils se basent

sur une approche de résolution de problème, or cette approche engendre une meilleure acquisition des compétences (Dochy *et al.*, 20013; Léger *et al.*, 2012). Cette acquisition de compétence accrue montre l'utilité des jeux sérieux dans le cadre de l'enseignement.

Cependant, il existe plusieurs contraintes qui limitent l'adoption des jeux sérieux. Le premier élément contraignant vient de la nécessité de former les professeurs (Léger *et al.*, 2011). En effet, les professeurs doivent comprendre et maîtriser un nouvel outil et l'intégrer dans leurs cours, ce qui demande un temps de formation et d'adaptation important. Cet apprentissage est d'autant plus important que lorsqu'un professeur a recourt à un jeu sérieux utilisant une simulation, il doit pouvoir répondre de manière claire et précise aux questions des étudiants lors des premiers instants de la simulation (Léger *et al.*, 2011). Il doit par la suite diminuer son intervention pour laisser les étudiants faire face aux difficultés de la simulation par eux-mêmes (Schunk, 2012; Wood, Bruner et Ross, 1976).

La deuxième difficulté provient du changement de rôle du professeur. En effet, dans la méthodologie sans jeux sérieux, les professeurs sont amenés à transmettre le savoir et à éviter que les élèves ne commettent des erreurs (Léger *et al.*, 2011). Tandis qu'avec les jeux sérieux, l'approche par essai-erreur est encouragée afin d'améliorer l'apprentissage, notamment grâce aux rétroactions du jeu qui récompensent les bonnes actions et sanctionnent les mauvaises (Léger *et al.*, 2011). Par conséquent, les professeurs doivent accompagner les étudiants au début puis progressivement diminuer l'aide apportée afin de permettre aux étudiants de devenir autonomes (Bolton, 1999; Schunk, 2012).

Une autre limite des jeux sérieux est l'équilibre qu'ils doivent atteindre entre un réalisme accru et une difficulté accessible. Ce qui fait en sorte que les jeux sérieux reçoivent des critiques vis-à-vis de leur réalisme parfois éloigné de la complexité du monde réel (Léger *et al.*, 2012). Cet équilibre vient notamment du fait que plus un jeu sérieux est réaliste plus il est utile de montrer des situations réelles aux étudiants et donc plus il est utile dans l'enseignement. Cependant, plus le jeu sérieux est réaliste, plus les étudiants doivent prendre en compte un nombre important de variables et donc plus le jeu sérieux devient difficile à prendre en main. Ainsi chaque jeu sérieux doit faire un arbitrage entre un jeu réaliste qui est donc fortement utile, car proche de ce que vont vivre les étudiants dans le monde professionnel, et un jeu accessible mais plus éloigné de la réalité et donc moins utile.

En conclusion, nous avons vu que malgré la grande utilité des jeux sérieux certains éléments limitent leur adoption. En effet, les jeux sérieux rencontrent une résistance, car ils nécessitent que les professeurs soient formés ce qui peut être difficile au vu de leur temps disponible limité. De plus, ceux-ci doivent changer leur méthode d'enseignement ce qui engendre un point de blocage supplémentaire. Enfin, une dernière limite provient de l'équilibre entre le réalisme et la difficulté du jeu sérieux.

Maintenant que nous avons défini et décrit les jeux sérieux, il nous faut définir les concepts de perception de l'utilité et perception de l'utilisabilité. Pour ce faire, nous allons décrire le modèle d'acceptation de la technologie.

2.2 Le modèle d'acceptation de la technologie.

Le modèle d'acceptation de la technologie a été développé par Fred Davis en 1989 (Davis, 1989) et a été grandement utilisé dans la recherche en technologie. En effet, en 2019, l'article fondateur de 1989 a été cité plus de 47 800 fois. Ce modèle a pour objectif de représenter les facteurs qui impactent l'adoption et l'utilisation d'une technologie. Ces facteurs sont la perception de l'utilité⁴ et la perception de la l'utilisabilité⁵ (Davis, 1989).

Le premier facteur, la perception de l'utilité se définit comme étant « le degré avec lequel une personne croit que l'utilisation d'un système particulier améliorera sa performance au travail »⁶ (Davis, 1989). Dans le cadre de notre recherche, la perception de l'utilité peut être reliée à tout élément permettant de faciliter l'enseignement d'un concept pédagogique auprès des étudiants. Dans la suite de cette recherche nous aurons pour objectif d'identifier des facteurs impactant la perception de l'utilité d'un jeu sérieux.

Le second facteur, la perception d'utilisabilité se définit comme étant « le degré avec lequel une personne croit que l'utilisation d'un système particulier ne nécessitera aucun effort »⁷

⁴ Traduction libre de « Perceived usefulness »

⁵ Traduction libre de « Perceived ease of use »

⁶ Traduction libre de « the degree to which a person believes that using a particular system would enhance his or her job performance »

⁷ Traduction libre de « the degree to which a person believes that using a particular system would be free from effort »

(Davis, 1989). Dans le cadre de notre recherche, la perception de l'utilisabilité peut être interprétée comme tout élément permettant au professeur d'utiliser de manière simple le jeu sérieux. Pour cela nous étudierons les concepts de résolution de problème, charge cognitive, utilisabilité et ergonomie.

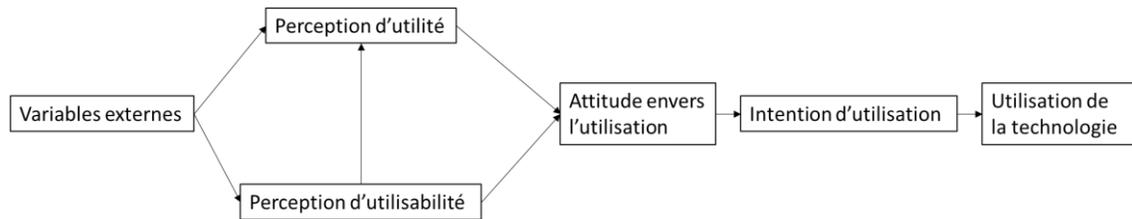


Figure 1 Modèle d'acceptation de la technologie

Maintenant que nous avons défini la perception de l'utilité et la perception de l'utilisabilité, il nous faut définir les théories sur l'apprentissage afin de déterminer les éléments pouvant impact l'apprentissage et donc la perception de l'utilité. Pour ce faire, nous allons dans un premier temps nous attarder sur la théorie sociale cognitive puis, dans un second temps, nous définirons la zone proximale de développement.

2.3 La Théorie sociale cognitive

La théorie sociale cognitive est l'une des théories les plus souvent utilisées dans la recherche en éducation. Elle a été développée par Bandura dans les années 1980 (Schunk, 2012). Cette théorie prend racine dans les théories comportementalistes, mais s'en éloigne en mettant l'emphase sur le fait qu'un individu peut apprendre non seulement par l'action, mais aussi via l'observation des autres. Par conséquent, cette théorie met en lumière qu'il existe deux grandes formes d'enseignement, une première basée sur l'observation, l'enseignement vicariant, et une autre basée sur la pratique, l'enseignement éactif (Schunk, 2012). De plus, cette théorie stipule que l'individu joue un rôle important dans son apprentissage, car il dispose de la capacité à s'autoréguler en fonction de ses standards (Schunk, 2012). Ainsi, Bandura développe un modèle dans lequel les personnes, les comportements et l'environnement sont en interaction permanente et influencent l'apprentissage (voir fig. 2).



Figure 2 Modèle de causalité de la triade de la réciprocité

Pour comprendre cette théorie, il faut premièrement définir chacun des trois acteurs. Dans un premier temps, il y a la personne qui peut être définie par son sentiment d'auto-efficacité⁸. Ce sentiment est défini comme « la croyance personnelle d'un individu sur sa capacité à exécuter certaines tâches »⁹ (Bolt, Killough et Koh, 2007; Schunk, 2012). Par la suite, il y a le comportement qui est la façon dont la personne va approcher une situation. Enfin, il y a l'environnement qui regroupe les facteurs extérieurs à la personne (Gupta, Bostrom et Huber, 2010; Schunk, 2012). Pour représenter les interactions entre ces éléments, nous pouvons prendre l'exemple d'un étudiant face à un exercice. Plus l'étudiant aura confiance dans ses capacités à résoudre l'exercice, plus il mettra d'effort dans son accomplissement (Schunk, 2012). Inversement, moins il mettra d'effort, plus l'exercice lui semblera difficile et plus sa confiance en ses capacités baissera. De plus, nous pouvons constater que si un professeur (environnement) encourage les étudiants à croire en leur capacité, alors ceux-ci auront plus de croyances en leur capacité. Cela aura pour conséquence d'augmenter leur effort, ce qui confirmera les croyances du professeur quant à la motivation et la capacité de ses élèves.

Grâce à cette théorie, nous pouvons voir que l'interaction entre ces trois variables joue un rôle essentiel dans l'apprentissage. Par conséquent, la modification de l'une d'elles pourra déclencher un cercle vertueux dans l'apprentissage. Pour cela, plusieurs solutions sont possibles comme rendre l'apprentissage plus engageant, ce qui provoquera une meilleure attitude vis-vis du problème. Dans ce cadre, nous pouvons penser à l'utilisation de jeux sérieux qui impactent positivement l'engagement (Léger *et al.*, 2011). Une autre solution serait de modifier la difficulté de l'exercice afin de l'adapter au niveau de l'étudiant.

⁸ Traduction libre de « Self-efficacy »

⁹ Traduction libre de « one's personal beliefs about his or her ability to perform certain tasks »

Cependant, avant de présenter les raisons pour lesquelles l'adaptation de la difficulté de l'exercice au niveau des étudiants est importante, il nous faut introduire les concepts de formation vicariante et éactive.

2.3.1 Approche vicariante

L'approche vicariante développée par Bandura précise l'idée que l'apprentissage se base en grande partie sur l'observation des autres individus (Gupta et Bostrom, 2013). Cette observation permet de déterminer comment une personne essaie d'atteindre un objectif précis et d'évaluer les conséquences de la méthode utilisée. De plus, les recherches ont démontré que celle-ci était en général plus efficace que la méthode classique à base de lecture ou d'étude par manuel, notamment lorsque la complexité des tâches augmente (Bolt, Killough et Koh, 2007; Gupta et Bostrom, 2013). Par exemple, dans le cadre d'un cours expliquant les systèmes d'information, un étudiant comprendra mieux comment faire une tâche s'il voit le professeur la faire plutôt que de lire les explications dans un livre.

2.3.2 Approche éactive

L'approche éactive s'appuie sur le concept d'apprentissage comme conséquence d'une interaction avec l'environnement et ayant généré un retour de la part de ce dernier (Gupta et Bostrom, 2013; Léger *et al.*, 2014). Pour reprendre l'exemple évoqué plus tôt, un étudiant comprendra d'autant mieux comment faire une tâche sur un système d'information s'il a pu l'effectuer au moins une fois par lui-même. De plus, cette approche a été démontrée comme ayant un impact significativement positif sur l'engagement des apprenants (Léger *et al.*, 2012). Or, cet engagement supplémentaire va venir impacter le comportement de l'individu, ce qui améliorera son sentiment d'auto-efficacité et donc son apprentissage. Ainsi, l'apprentissage éactif se place dans la théorie comportementale (Gupta et Bostrom, 2013) où un retour positif de la part du système provoquera un renforcement positif tandis qu'un retour négatif, au contraire, dissuadera l'apprenant de continuer sur cette voie (Schunk, 2012). Dans l'ensemble, on pourrait faire un parallèle de ce type d'approche avec la citation attribuée de manière apocryphe à Benjamin Franklin : « Tu me dis, j'oublie. Tu m'enseignes, je me souviens. Tu m'impliques, j'apprends »¹⁰.

¹⁰ Source : <https://dicocitations.lemonde.fr/citations/citation-47335.php>

Dans ce cadre, la première partie serait l'apprentissage traditionnel, la deuxième l'apprentissage vicariant et la dernière serait l'approche éactive.

2.3.3 Combinaison de l'approche vicariante et de l'approche éactive

Bien qu'il serait intéressant de croire qu'une approche soit meilleure que l'autre, il n'en est rien. En effet, plusieurs recherches démontrent que la combinaison des apprentissages vicariant et éactif mène à un apprentissage plus efficace (Gaudet-Lafontaine *et al.*, 2016; Gupta et Bostrom, 2013), notamment dans le cadre de l'apprentissage de compétences complexes (Schunk, 2012). De plus, la combinaison optimale semble commencer par une approche vicariante puis continuer sur une approche éactive lors de l'apprentissage (Gaudet-Lafontaine *et al.*, 2016).

Concernant l'application de ces méthodes, nous pouvons notamment évoquer les jeux sérieux utilisant une simulation qui permettent de combiner efficacement ces deux approches. En effet, dans un premier temps, le professeur peut expliquer les concepts et les montrer à ses élèves au sein du jeu sérieux utilisant une simulation, ce qui correspond à l'apprentissage vicariant. Tandis que dans un second temps, les étudiants peuvent pratiquer les apprentissages au sein même de la simulation, ce qui correspond à l'approche éactive.

La théorie sociale cognitive précise que les approches vicariante et éactive ne doivent pas être envisagées en opposition, mais être complémentaires comme dans le cadre des jeux sérieux utilisant une simulation. Cependant, afin de provoquer un cercle vertueux dans l'apprentissage, il faut pouvoir adapter la complexité des tâches en fonction du niveau des étudiants. Ainsi, la prochaine partie explorera la théorie de la zone proximale de développement qui segmente les tâches en fonction des compétences de l'apprenant.

2.4 Zone proximale de développement

Afin de comprendre comment adapter la complexité des tâches en fonction du niveau des étudiants, il faut s'attarder sur la théorie de la zone proximale de développement (ZPD) introduite par Lev Vygotski dans la première moitié du vingtième siècle (Harland, 2003; Smagorinsky, 2011). Cette théorie établit la ZPD comme étant « La distance entre le niveau actuel de développement déterminé par la capacité à résoudre un problème de manière autonome, et le niveau potentiel de développement déterminé par la capacité de résolution de problème sous la supervision d'un adulte

ou avec la collaboration d'un pair plus compétent »¹¹ (Schunk, 2012). Cette théorie met en avant le fait que face à une tâche donnée, chaque personne dispose de deux limites qui définissent trois niveaux de compétences de l'étudiant vis-à-vis d'une tâche (Smagorinsky, 2011).

En premier lieu, il y a les tâches que l'étudiant peut résoudre sans aide, qui correspondent aux tâches déjà maîtrisées. Dans un deuxième temps, il y a les tâches qu'il ne peut résoudre qu'avec l'aide d'une autre personne plus expérimentée, comme un professeur ou un autre étudiant. Enfin,

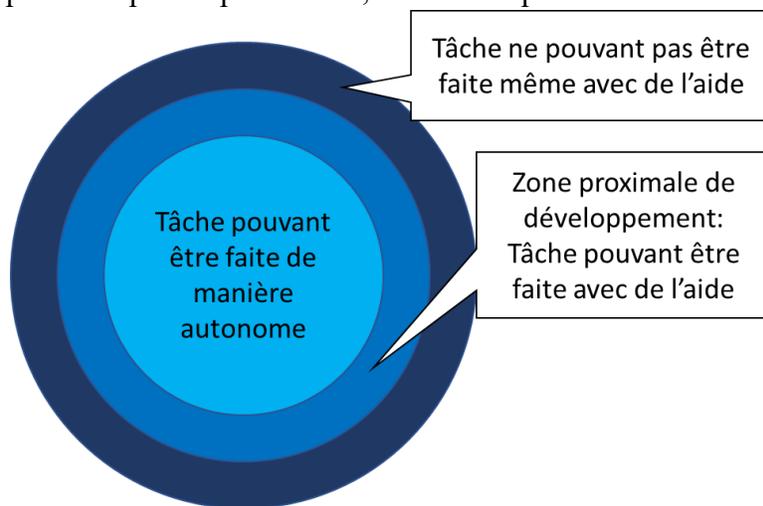


Figure 3 Zone proximale de développement

il y a les tâches ne pouvant pas être accomplies même en étant aidé, qui correspondent aux tâches hors du niveau de l'étudiant (Smagorinsky, 2011).

Ces trois zones permettent de constater que l'apprentissage optimal se déroule au sein de la deuxième zone. En effet, si les exercices donnés aux étudiants sont trop simples et que ceux-ci les maîtrisent déjà, alors non seulement ils n'apprendront rien de nouveau, mais ils commenceront de surcroît à s'ennuyer, ce qui impactera négativement leur comportement et donc l'environnement de travail des autres étudiants qui apprendront moins. Tandis qu'à l'opposé, les exercices trop difficiles ne pouvant être réalisés même avec l'aide du professeur provoqueront du découragement qui affectera négativement le sentiment d'auto-efficacité, ce qui impactera négativement la volonté des élèves à travailler.

¹¹ Traduction libre de « the distance between the actual developmental level as determined by independent problem solving and the level of potential development as determined through problem solving under adult guidance or in collaboration with more capable peers »

De plus, on peut noter que cette théorie met l'accent sur l'importance du rôle d'une personne expérimentée qui transmet le savoir en faisant la tâche avec l'étudiant. Par la suite, cette personne se retire petit à petit afin de laisser l'étudiant faire la tâche par lui-même (Schunk, 2012). Prenons l'exemple d'un cours de mécanique où il est demandé aux étudiants de construire un moteur. Dans un premier temps, le professeur guidera les étudiants en leur expliquant chaque étape. La seconde fois, le professeur n'indiquera plus que les grandes étapes et à la troisième, il ne dira plus rien.

Cette idée se rapproche de la notion d'échafaudage¹² (Schunk, 2012) créée par Wood et ses collègues (Wood, Bruner et Ross, 1976). En effet, l'échafaudage se définit comme le contrôle qu'applique l'instructeur (Parent/Professeur/Modèle) aux éléments d'une tâche pour la rendre réalisable par l'étudiant (Wood, Bruner et Ross, 1976). De surcroît, cette idée d'échafaudage est d'autant plus intéressante qu'elle précise que pour permettre à l'apprenant de réussir une tâche, celui-ci doit au préalable comprendre la solution. En effet, d'après l'auteur « L'apprenant doit être capable de reconnaître la solution à une classe de problème particulier avant de pouvoir lui-même être capable de produire les étapes qui lui permettent de le résoudre sans aide »¹³ (Wood, Bruner et Ross, 1976). Nous pouvons rapprocher cette idée au fait que la combinaison optimale des approches vicariantes et énaclives est d'utiliser en premier lieu l'approche vicariante qui permet de comprendre la solution, puis l'approche énaclive qui permet de l'essayer avec l'aide du professeur (Gaudet-Lafontaine *et al.*, 2016).

Pour continuer sur la théorie développée par Wood, Bruner et Ross ainsi que son application dans le cadre de la zone proximale de développement, il faut s'attarder sur les fonctions du tuteur. En effet, ces chercheurs définissent six fonctions qui sont le 1) Recrutement, 2) la Réduction du degré de liberté, 3) le Maintien de la direction, 4) la Création d'éléments critiques, 5) le Contrôle de la frustration et 6) la Démonstration (Wood, Bruner et Ross, 1976).

La première fonction, le recrutement, correspond à capturer l'attention des étudiants et à les faire adhérer aux exigences de la tâche (Wood, Bruner et Ross, 1976). Dans le cadre de la zone proximale de développement, cela pourrait correspondre au fait de leur montrer la tâche qu'ils ne

¹² Traduction libre de « scaffolding »

¹³ Traduction libre de « the learner must be able to recognize a solution to a particular class of problems before he is himself able to produce the steps leading to it without assistance. »

peuvent pour le moment pas résoudre en leur expliquant l'intérêt de pouvoir la résoudre. Dans le cadre des jeux sérieux utilisant une simulation, cela correspond au fait de leur expliquer comment les notions abordées sont utilisées dans le monde professionnel.

Dans la deuxième fonction, le professeur doit diminuer le degré de liberté afin de simplifier la tâche et la ramener dans la zone proximale de développement (Wood, Bruner et Ross, 1976). Dans le contexte d'un jeu sérieux utilisant une simulation, cela correspondrait à simplifier la simulation afin que les étudiants puissent se familiariser avec celle-ci et les concepts exprimés.

Avec la troisième fonction, le professeur doit maintenir la direction et par conséquent maintenir la motivation. En effet, comme tous les étudiants n'ont pas les mêmes connaissances et capacités, ceux ayant plus de difficultés peuvent être découragés et distraits (Wood, Bruner et Ross, 1976). Si l'on reprend le concept des jeux sérieux utilisant une simulation, on parle des étudiants qui n'arrivent pas à maîtriser l'outil et donc se découragent. Par conséquent, le professeur doit agir comme un coach pour les aider à poursuivre dans la tâche.

Une fois les tâches à réaliser complétées, le professeur doit ajouter un élément critique. Avec cette quatrième fonction, il va ajouter un nouvel élément pour montrer l'écart entre ce que les étudiants ont fait et ce qui serait considéré comme la bonne réponse (Wood, Bruner et Ross, 1976). Par exemple, le professeur pourrait montrer que le jeu sérieux utilisant une simulation néglige plusieurs variables et donc montrer un cas plus complexe ou ajouter des variables.

La cinquième fonction est le contrôle de la frustration. Elle consiste en la création de suffisamment de frustration pour pousser à l'apprentissage sans pour autant créer de dépendance vis-à-vis du professeur (Wood, Bruner et Ross, 1976). Dans le cadre des jeux sérieux utilisant une simulation, cela reviendrait à avoir des simulations suffisamment difficiles pour que les étudiants doivent chercher les réponses par eux-mêmes sans pour autant devoir demander au professeur des explications sur tous les points.

Enfin la dernière fonction correspond à la démonstration. Celle-ci réfère au fait de venir auprès des étudiants, de comprendre ce qu'ils ont voulu faire et de là, leur proposer une solution pour atteindre leurs objectifs (Wood, Bruner et Ross, 1976). Dans le cadre de jeu sérieux utilisant une simulation, cela reviendrait au fait que lorsqu'une personne éprouve des difficultés, le professeur

commence à comprendre sa stratégie puis cherche à la guider vers une solution au lieu de lui dire de recommencer.

Ainsi, lorsque l'on considère la théorie de la zone proximale de développement, la théorie sociale cognitive et la théorie de l'échafaudage, on comprend d'autant plus l'intérêt de pouvoir adapter les jeux sérieux utilisant une simulation au niveau de la classe afin d'obtenir un apprentissage optimal.

Maintenant que nous avons défini la théorie sociale cognitive et la zone proximale de développement, il faut s'attarder à comprendre comment fonctionne la résolution de problème ainsi que la charge cognitive. En effet, afin de permettre aux professeurs de moduler facilement la complexité d'un jeu sérieux, il faut comprendre comment fonctionne la résolution de problème et comment le concept de charge cognitive nous permet d'évaluer la difficulté de cet exercice.

2.5 Méthodologie de résolution de problèmes

2.5.1 Définition d'un Problème

L'objectif de ce mémoire étant de déterminer les différents facteurs susceptibles d'impacter les perceptions d'utilité et d'utilisabilité d'un jeu sérieux chez les professeurs l'ayant déjà adopté dans leurs cours, il faut alors s'attarder sur ce qui rend cette tâche de modulation facile ou complexe. Or, la modification d'un niveau de complexité peut être vue comme un problème à résoudre. En effet, un problème se définit comme étant une « Question à résoudre par des méthodes rationnelles ou scientifiques » (CNRTL, 2019). Selon Jonassen (2000), un problème est composé de deux attributs. Premièrement, il doit y avoir une inconnue à résoudre, c'est-à-dire un élément qui permet de combler la différence entre un état initial et un état à atteindre (Jonassen, 2000). Dans le cadre de cette étude, il s'agit de la différence entre le niveau initial du jeu sérieux et son niveau souhaité. Le second point est que celui-ci doit présenter une valeur sociale, culturelle ou intellectuelle à être résolue (Jonassen, 2000). Dans le cas présent, il s'agit d'un intérêt intellectuel, car il y a le défi de la création, mais aussi social, car celui-ci permettra de mieux répondre au niveau des étudiants et donc, d'accroître leur apprentissage.

La difficulté d'un problème peut être distinguée selon cinq critères (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001) : complexité, familiarité, ouverture, quantité et types d'activités cognitives.

2.5.1.1 Complexité

Le premier critère est la complexité du problème qui dépend notamment du nombre de variables, d'étapes à réaliser ainsi que du nombre de concepts à appliquer aux problèmes (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Ce critère est un des éléments qui influence la charge cognitive intrinsèque, définie comme la part de la charge cognitive utilisée pour la résolution du problème, attribuable à la difficulté propre du problème (Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). Dans le cadre des jeux sérieux, on peut regrouper cela sous le nombre de règles, d'éléments différents et/ou de contextes à fournir pour rendre le jeu réaliste.

2.5.1.2 Familiarité

Le deuxième critère correspond à la familiarité du problème pour le répondant. Cela peut se traduire par l'expérience de la personne vis-à-vis d'un problème (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Concernant les jeux sérieux, cet aspect se retrouve dans le fait que des professeurs ayant l'habitude d'utiliser ces jeux seront plus aptes à apporter les modifications pour adapter la complexité.

2.5.1.3 Ouverture

Le troisième critère est l'ouverture du problème. Un problème fermé demande une réponse unique qui est soit correcte ou soit fausse, tandis qu'un problème ouvert offre une réponse plus large et moins binaire (Jonassen, 2000; Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Les simulations sont habituellement du fait de leur nature des problèmes relativement ouverts.

2.5.1.4 Quantité

Le quatrième critère est la quantité d'informations entourant le problème à résoudre. Cela se matérialise par le nombre d'informations fournies et requises lors de la résolution du problème (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Dans le cadre des jeux sérieux, cela correspond au volume de documentation disponible et nécessaire afin de moduler la simulation.

2.5.1.5 Types d'activités cognitives

Le cinquième critère correspond aux types d'activités cognitives requises. Cela correspond aux actions que l'on doit effectuer afin de résoudre le problème (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Concernant les jeux sérieux, ces activités cognitives sont à la fois à la création

des règles, mais aussi à leur test afin de s'assurer que la difficulté créée correspond à ce qui est attendu.

2.5.2 Résolution de problème

Nous comprenons mieux maintenant ce qu'est un problème et les critères permettant de le caractériser. En considérant cela, il ressort clairement que le fait d'adapter la complexité d'un jeu sérieux constitue un problème, étant donné que l'on souhaite résoudre l'écart entre une situation initiale et une situation voulue. Ainsi, il est donc nécessaire comprendre comment fonctionne la résolution de problème.

En effet, nous avons vu qu'un frein au déploiement des jeux sérieux est le temps de formation nécessaire pour permettre aux professeurs de développer leur compétence dans l'utilisation de ces jeux (Léger *et al.*, 2011). Par conséquent, l'ajout d'un élément complexe tel que la possibilité de modifier un jeu sérieux doit être optimisé afin de permettre une prise en main facile, sans quoi ce frein sera augmenté. Ainsi, la compréhension des mécanismes de résolution de problème nous permettra de diminuer la difficulté de cette adaptation pour faciliter le travail des professeurs.

La compétence de résolution de problème est définie comme une séquence planifiée d'opération cognitive ayant pour objectif la résolution d'un problème (Jonassen, 2000; Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Cependant, afin de pouvoir réaliser correctement cette suite d'opérations, l'individu doit disposer de deux éléments qui sont une base de connaissances et une base de compétences (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001).

2.5.2.1 Base de connaissances

Le premier élément nécessaire à la résolution de problème est une base de connaissances disposant de plusieurs schémas mentaux (Jonassen, 2000; Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Ces schémas sont définis comme « une unité de la mémoire humaine représentant un ensemble fonctionnel de connaissances » (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Ces schémas permettent de reconnaître des problèmes et de leur associer des opérations particulières afin d'en atteindre leur résolution (Paas, 1992). Ces schémas offrent notamment la possibilité de résoudre de nouveaux problèmes par analogie en identifiant les structures communes et en y appliquant des méthodes de résolution similaires (Paas, 1992). Cet effet a notamment été découvert lors de

l'analyse de joueurs professionnels d'échec. En effet, les joueurs professionnels avaient tendance à se souvenir de groupement de pièces plus large que les débutants (Sweller, 1988; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). Dans le contexte d'adaptation de jeux sérieux, cela pourrait être assimilé à un professeur voulant modifier le jeu pour l'orienter vers un certain objectif pédagogique. Dans ce cas, il se rappellerait l'ensemble des règles menant à un objectif similaire et y apposerait ces règles en les modifiant légèrement. On peut notamment rapprocher cela de la règle de familiarité qui fait que plus une personne est familière avec le problème, plus le problème est simple (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). De plus, les schémas mentaux ne sont pas des structures figées dans le temps. En effet, lorsqu'une nouvelle information survient, elle va non seulement venir s'ajouter aux schémas existants, mais elle va venir en modifier les structures (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Au-delà de la structure, ces schémas doivent être associés à une capacité de reconnaissance afin de pouvoir identifier des configurations permettant d'appliquer le bon schéma en réponse à un problème (Sweller et Cooper, 1985; Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Cependant, afin de permettre aux schémas de fonctionner de manière optimale, ceux-ci doivent contenir plusieurs types de connaissances : stratégiques, situationnelles, conscientes et procédurales (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001).

2.5.2.1.1 Connaissances stratégiques

Pour ce point, on entend que la personne doit avoir dans ses schémas mentaux la stratégie pour répondre à ce problème (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Par exemple, dans un exercice de mathématiques où il faut trouver un point d'inflexion d'une fonction, il faut savoir que la stratégie est de faire une dérivée seconde, puis un tableau de signe.

2.5.2.1.2 Connaissances situationnelles

Les connaissances situationnelles sont nécessaires pour reconnaître et classer le problème, et sélectionner les connaissances nécessaires à la solution (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). En effet, même si la personne dispose des schémas adéquats pour résoudre le problème, si elle n'arrive pas à identifier le schéma nécessaire, alors elle ne pourra pas l'appliquer. Pour reprendre notre exemple, si l'étudiant n'identifie pas que le problème a besoin des dérivées, alors il n'utilisera pas le schéma mental correspondant.

2.5.2.1.3 Connaissances conscientes

Une connaissance consciente des faits, des principes et des lois de la discipline est aussi nécessaire pour tirer des conclusions sur la situation et planifier et exécuter la solution (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Il s'agit ici de pouvoir appliquer la connaissance. Par exemple, même si l'étudiant a le schéma et a reconnu celui qu'il fallait appliquer, s'il ne sait pas faire une dérivée, alors il ne pourra pas résoudre le problème.

2.5.2.1.4 Connaissances procédurales

Enfin, on doit aussi faire appel aux connaissances procédurales pour l'application des connaissances conscientes à l'exécution du plan (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Ici, on réfère au fait de pouvoir mettre à exécution la stratégie. Dans notre exemple, il s'agit de poser la première dérivée, puis la seconde et enfin de faire le tableau de signes.

Par conséquent, afin de simplifier l'adaptation des jeux sérieux au niveau des étudiants par les professeurs, il faut permettre aux professeurs d'acquérir facilement des schémas mentaux de différentes situations. Nous verrons dans la suite de cette revue de littérature les éléments qui nous permettront de faciliter l'acquisition de ces schémas.

2.5.2.2 Base de compétences

Le deuxième élément dont doit disposer un individu pour résoudre un problème est une base de compétences (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Cet élément réfère à la maîtrise d'une ou plusieurs activités permettant une application rapide et sans erreur des schémas de résolution de problèmes. On identifie plusieurs caractéristiques de cette base de compétences : compétences structurées, compétences automatiques, résolution inverse, résolution par regroupement. Ces caractéristiques serviront à faire la différence entre les novices et les experts.

2.5.2.2.1 Compétences structurées

Les compétences des experts sont structurées, c'est-à-dire que les experts disposent d'un processus systématique afin de collecter les informations pour se faire une image mentale du problème et de la solution. À l'opposé, les débutants ne vont pas prendre en compte tous les éléments du problème (Sweller, 1988; Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Dans le cadre de l'adaptation des jeux sérieux, cela revient au fait qu'un expert du jeu pourra modifier un élément en prenant en

compte tous les impacts, tandis que le novice ne prendra en compte que les impacts qui lui sont explicitement exposés. Cependant, plus le débutant a l'occasion de pratiquer, plus il sera à même d'acquérir un ensemble de compétences afin de résoudre de manière systématique les problèmes.

2.5.2.2.2 Compétences automatiques

Les experts ont tendance à résoudre les problèmes de manière plus automatique tandis que les novices le font étape par étape (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Par exemple, dans le contexte de l'adaptation d'un jeu sérieux, l'expert n'ira modifier que les éléments nécessaires pour répondre à ses besoins là où un débutant ira tout vérifier.

2.5.2.2.3 Résolution inverse

Lors de la résolution de problème, les experts ont tendance à partir de la situation initiale puis de remontée jusqu'à la situation voulue. À l'opposé, les novices font une analyse en partant de la fin voulue, puis remontent à la situation initiale avant de repartir de cette dernière pour résoudre le problème (Sweller, 1988).

2.5.2.2.4 Résolution par groupement

Les experts ont tendance à regrouper les problèmes par façon de les résoudre tandis que les débutants vont les grouper par leur apparence de surface tels que leur sujet (Sweller, 1988).

Ces deux derniers éléments vont engendrer deux problèmes dans l'apprentissage. Premièrement, on aura un problème lié à l'attention sélective, c'est-à-dire que les novices, partant de la situation voulue, apprendront à raisonner à partir de leur objectif et non à partir de la situation, ce qui les ralentit dans leur acquisition des schémas mentaux et dans leur reconnaissance des situations (Sweller, 1988). Le deuxième élément est la capacité cognitive limitée (Sweller, 1988). En effet, la mémoire de travail et la charge cognitive sont limitées (Miller, 1956; Paas *et al.*, 2003). Or, lorsque l'analyse commence par l'objectif, cela entraîne une plus grosse charge cognitive, car la personne résolvant le problème devra à la fois maintenir en mémoire la situation initiale, finale ainsi que les relations entre elles (Sweller, 1988). Il est donc important de comprendre comment fonctionne la charge cognitive pour nous aider dans le développement d'un outil d'adaptation des jeux sérieux.

Maintenant que nous avons défini ce qu'est un problème, ainsi que la méthodologie de résolution de problème, il nous faut comprendre comment faciliter l'acquisition des schémas mentaux. Pour cela, nous allons définir le concept de charge cognitive ainsi que les effets permettant de la diminuer afin de faciliter l'apprentissage des schémas mentaux.

2.6 Charge cognitive

La théorie de la charge cognitive trouve ses origines dans les années 1980 où elle fut introduite dans le domaine de l'éducation (Sweller, 1988; Sweller et Levine, 1982). Cette théorie a pour objectif d'expliquer comment le traitement des informations, lors d'une tâche, impacte la capacité de l'individu à acquérir de nouvelles connaissances (Chandler et Sweller, 1991; Sweller, 1988; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019; Sweller, Van Merriënboer et Paas, 1998). La charge cognitive est fortement reliée aux concepts de mémoire long terme et de mémoire de travail (Sweller, 2004). En particulier, une partie de la charge cognitive (la charge cognitive essentielle) est dédiée au transfert de connaissances de la mémoire de travail à la mémoire long terme (Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). La mémoire long terme est définie comme un lieu de stockage large et quasi permanent d'information où sont entreposées les connaissances (Sweller, 2004). Cette mémoire aide tant à la connaissance qu'à la résolution de problème. En effet, lors de la résolution de problèmes, une personne mobilise ses connaissances, mais reconnaîtra aussi le schéma du problème et pourra y appliquer un schéma de réponse stocké dans sa mémoire long terme (Jonassen, 2000; Sweller, 2004; Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). À l'opposé, la mémoire de travail est un espace conscient, temporaire et limité (Miller, 1956; Sweller, 2004). C'est dans cette dernière que les informations provenant à la fois de l'extérieur et de la mémoire long terme sont traitées et combinées afin de résoudre un problème. C'est notamment au moment de l'analyse des informations au sein de la mémoire de travail qu'interviennent les différentes charges cognitives (Sweller, 2004). Or, il a été démontré que cette mémoire de travail ne peut stocker qu'environ sept, plus ou moins deux, éléments simultanément (Miller, 1956). Par conséquent, il est nécessaire de bien comprendre la théorie de la charge cognitive et les éléments qui la compose afin de nous permettre d'en gérer son utilisation dans l'objectif de maximiser l'acquisition des schémas mentaux.

2.6.1 Les dimensions de charge cognitive

Le concept de charge cognitive se définit comme un construit multidimensionnel composé des charges cognitives intrinsèque, extrinsèque et essentielle (Klepsch, Schmitz et Seufert, 2017; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019; Sweller, Van Merriënboer et Paas, 1998). Comme la mémoire de travail, la charge cognitive dispose elle aussi d'une limite maximale, appelée charge cognitive maximale, équivalente à la somme de la charge intrinsèque, extrinsèque, essentielle et à la charge cognitive non utilisée (Paas *et al.*, 2003). Dans ce qui suit, nous présentons brièvement les trois dimensions de la charge cognitive : intrinsèque, extrinsèque et essentielle.

2.6.1.1 Charge cognitive intrinsèque

La charge cognitive intrinsèque correspond à la difficulté propre aux informations à traiter (Sweller, Merriënboer et Paas, 2019; Sweller, Van Merriënboer et Paas, 1998). Elle se matérialise notamment lorsque le nombre d'informations à traiter, la difficulté de leur traitement ou les interactions entre les éléments d'information augmentent (Sweller, 2010). Par conséquent, cette charge cognitive est influencée par la complexité d'un problème et par la quantité d'information liée à ce problème (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). De plus, lors de la résolution d'un problème, cette charge cognitive peut aussi être influencée par la personne qui analyse ces informations (Sweller, 2010; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019; Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). En effet, lorsqu'on lit un mot, chacune des lettres entre en interaction pour former ce mot (Sweller, 2010; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). Or, une personne parlant la langue traitera ce mot comme un bloc de manière automatique tandis qu'une personne apprenant la langue traitera toutes les lettres séparément afin de comprendre la signification de ce mot (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Ainsi, on peut déterminer que la charge cognitive intrinsèque d'un problème est tant liée à sa difficulté propre qu'au profil de la personne résolvant ledit problème. Par conséquent, pour une tâche donnée et un profil donné à un moment dans le temps, la charge cognitive intrinsèque ne peut être modifiée (Sweller, 2010). Ici, on peut rapprocher ce concept de la notion de Familiarité avec le problème (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Ainsi, avec l'apprentissage, une personne pourra diminuer la charge cognitive intrinsèque qu'il a vis-à-vis d'une tâche donnée.

2.6.1.2 Charge cognitive extrinsèque

La charge cognitive extrinsèque correspond à la difficulté liée à la présentation du problème (Chandler et Sweller, 1991; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019; Sweller, Van Merriënboer et Paas, 1998). Tandis que la charge cognitive intrinsèque ne peut être modifiée, une information complexe demeurant une information complexe, le concepteur d'interface ou de contenu pédagogique peut contrôler et modifier l'intensité de la charge cognitive extrinsèque. En effet, la valeur de la partie extrinsèque peut être grandement impactée par la qualité du design (Chandler et Sweller, 1991; Paas *et al.*, 2003; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). Un autre élément pouvant grandement impacter la charge cognitive extrinsèque est l'interactivité des éléments, comme c'est aussi le cas pour la charge cognitive intrinsèque (Sweller, 2010). Par conséquent, les éléments permettant de modifier le jeu sérieux doivent être étudiés afin d'être les plus ergonomiques et intuitifs possibles dans l'objectif d'abaisser la charge cognitive extrinsèque.

2.6.1.3 Charge cognitive essentielle

La charge cognitive essentielle est à la partie dévolue à l'apprentissage et notamment à la gestion des charges intrinsèque et extrinsèque (Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). Par conséquent, plus les charges cognitives intrinsèque et extrinsèque sont faibles, plus la charge essentielle peut permettre le transfert d'information entre la mémoire de travail et la mémoire long terme (Sweller, 2010; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). Cette charge diffère des deux précédentes, car là où ces dernières sont influencées par les informations, le support et les caractéristiques de l'apprenant, la charge cognitive essentielle ne dépend que de l'apprenant (Sweller, 2010). Elle correspond à la charge cognitive disponible une fois que la mémoire de travail s'est répartie entre les charges cognitives intrinsèque et extrinsèque (Sweller, 2010). Par conséquent, plus l'une de ces deux dernières augmente, moins il restera de place pour la charge cognitive essentielle, qui pourra donc moins efficacement transférer de l'information vers la mémoire long terme (Sweller, 2010). Pour la présente étude, cela implique que plus les éléments permettant de modifier le jeu sérieux seront simples en termes d'utilisation, plus les utilisateurs apprendront rapidement leur utilisation. Ce point est notamment important, car le temps d'apprentissage est un frein à l'adoption des jeux sérieux.

2.6.2 Effet sur la charge cognitive

Maintenant que le concept de charge cognitive est défini, il faut s'attarder aux effets qui permettent de mitiger cette charge afin de faciliter l'acquisition de schémas mentaux. Plusieurs recherches ont été menées afin de trouver les effets impactant la charge cognitive. Jusqu'en 1998, on dénombrait huit effets. Cependant, plusieurs autres effets ont été découverts par la suite (Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). Dans ce qui suit, nous n'allons explorer que les effets que nous pensons utiliser dans la mitigation de la charge cognitive lors de la modification des jeux sérieux, soit : l'exemple de travail, la séparation de l'attention, l'isolation des éléments et l'autogestion.

2.6.4.1 Exemple de travail

L'exemple de travail consiste en la présence d'un exemple complet permettant à l'utilisateur de pouvoir l'étudier et ainsi, de faciliter l'apprentissage (Chandler et Sweller, 1991; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). Dans le cadre de cette recherche, on peut rapprocher cet effet de l'acquisition des schémas mentaux. En effet, la démonstration d'un exemple de règle ou variable en précisant l'objectif permettra aux professeurs d'acquérir ce schéma mental. De plus, l'acquisition de ce schéma lui permet de pouvoir par la suite le modifier pour atteindre un autre objectif semblable. Enfin, il est recommandé de montrer plusieurs exemples différents afin de diversifier les expériences et les schémas mentaux (Sweller, Merriënboer et Paas, 2019).

2.6.4.2 Séparation de l'attention

La séparation de l'attention est caractérisée par le fait que la séparation spatiale ou temporelle d'au moins deux informations, nécessaires à l'accomplissement d'une tâche, augmente la charge cognitive extrinsèque (Chandler et Sweller, 1991; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). Cet effet comprend à la fois un problème, car l'utilisateur devra retenir des informations dans sa mémoire de travail qui est limitée (Miller, 1956), mais cela implique aussi que les informations sont en interaction, ce qui augmente encore la charge cognitive (Sweller, 2010).

2.6.4.3 Isolation des éléments

L'isolation des éléments réfère au fractionnement des éléments trop complexes et interactifs qui dépasseraient la charge cognitive maximale (Pollock, Chandler et Sweller, 2002; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). Pour rappel, la charge cognitive maximale correspond à la somme de

la charge intrinsèque, extrinsèque, essentielle et à la charge cognitive non utilisée, cette charge maximale étant différente d'un individu à l'autre (Paas *et al.*, 2003).

2.6.4.4 Autogestion

L'autogestion fait référence au fait qu'un utilisateur est apte à gérer sa propre charge cognitive (Sweller, Merriënboer et Paas, 2019).

2.7 Utilisabilité

Maintenant que le concept de charge cognitive et ses effets mitigeant ont été défini, il faut s'attarder aux critères permettant de faciliter l'utilisation de la solution. En effet, la facilitation de l'utilisation permet une meilleure acceptation de la solution par les utilisateurs. Pour cela, il faut comprendre la notion d'utilisabilité développée en 1994 par Jakob Nielsen (Hollender *et al.*, 2010). L'utilisabilité est définie comme « la mesure avec laquelle un produit ou un service permet à un utilisateur spécifique de répondre à un besoin spécifique de manière efficace, efficiente et satisfaisante dans un contexte précis d'utilisation¹⁴ » (ISO, 2018).

2.7.1 Objectif de l'utilisabilité

La définition d'utilisabilité s'accompagne de cinq objectifs, eux aussi explicités en 1994 par Jakob Nielsen (Hollender *et al.*, 2010; Nielsen, 2012) : la capacité d'apprentissage, l'efficacité, la mémorabilité, la diminution des erreurs et la satisfaction.

2.7.1.1 Capacité d'apprentissage

La capacité d'apprentissage représente le niveau de facilité qu'a l'utilisateur pour accomplir des tâches simples lors de la première utilisation du système (Hollender *et al.*, 2010; Nielsen, 2012). On peut connecter cet objectif avec les effets de séparation de l'attention et d'isolation des éléments qui permettent de faciliter les utilisations du système, si bien mis en place.

¹⁴ Traduction libre de « the extent to which a system, product or service can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use »

2.7.1.2 Efficience

L'efficience est définie comme la rapidité avec laquelle un utilisateur peut effectuer une tâche à partir du moment où il a appris à réaliser cette tâche (Hollender *et al.*, 2010; Nielsen, 2012). Dans le cadre des modifications aux jeux sérieux, on peut rapprocher cette idée au temps que mettra un professeur à modifier les règles du jeu, une fois qu'il aura déjà effectué la tâche une première fois.

2.7.1.3 Mémorabilité¹⁵

La mémorabilité représente la capacité qu'a un utilisateur à devenir de nouveau productif avec la solution après une période d'arrêt (Hollender *et al.*, 2010; Nielsen, 2012). On peut rapprocher ce critère à la capacité qu'a un professeur à réutiliser un schéma mental acquis dans un contexte de résolution de problème et donc, à l'acquisition d'une base de connaissances et de compétences.

2.7.1.4 Diminution des erreurs

La diminution des erreurs tant au niveau de leur nombre que de leur sévérité doit aussi être considérée dans le contexte de l'utilisabilité (Hollender *et al.*, 2010; Nielsen, 2012). Ce point semble d'autant plus important qu'une mauvaise gestion des erreurs peut provoquer plusieurs problèmes dont l'acquisition de schémas mentaux erronés ou une augmentation de la charge cognitive pour détecter et corriger les erreurs.

2.7.1.5 Satisfaction

La satisfaction correspond à l'évaluation esthétique du système utilisé (Hollender *et al.*, 2010; Nielsen, 2012).

2.8 Ergonomie

L'objectif de ce mémoire est d'étudier les différents facteurs susceptibles d'impacter les perceptions d'utilité et d'utilisabilité d'un jeu sérieux chez les professeurs en TI. Par conséquent, au-delà des approches permettant de faciliter la modification des règles du jeu, il faut aussi nous intéresser aux critères rendant l'utilisation de l'artéfact, permettant ces modifications, plus ergonomiques. Cette simplicité devrait permettre d'influencer positivement la perception de

¹⁵ Traduction libre de « Memorability »

l'utilisabilité. Par conséquent, il faut approfondir la notion d'ergonomie afin de permettre la création de systèmes optimisés.

2.8.1 Critère d'ergonomie

La détermination de la qualité ergonomique d'un système interactif est basée sur l'évaluation de huit grandes familles de critères, décomposées en 18 critères élémentaires (Scapin et Bastien, 1997). Nous présentons ici ces grandes familles de critères.

2.8.1.1 Guider l'utilisateur

La première grande famille est la capacité du système à guider l'utilisateur au travers de conseils ou d'interactions avec le système (Scapin et Bastien, 1997). Cette famille se divise en quatre sous-catégories qui sont, l'indication, en montrant le format de réponse, le groupement afin que les informations en relation les unes avec les autres soient regroupées. Une troisième sous-catégorie est le retour immédiat, qui correspond au fait que le système montre qu'il a reçu l'information entrée par l'utilisateur (Scapin et Bastien, 1997). Les retours immédiats ont notamment été identifiés comme une des méthodes facilitant l'acquisition des compétences de résolution de problèmes (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Enfin, il y a la légitimité, correspondant à la propreté et au professionnalisme de l'interface.

2.8.1.2 Charge de travail

La deuxième famille de critères est la charge de travail qui caractérise les éléments créés pour diminuer la charge cognitive de l'utilisateur (Scapin et Bastien, 1997). Cette famille se divise en deux sous-catégories qui sont la brièveté et la densité de l'information. La brièveté insiste sur la réduction du nombre d'étapes et d'entrées au minimum, tout en minimisant le nombre d'informations dont l'utilisateur doit se souvenir, au vu de la mémoire de travail limitée (Miller, 1956; Scapin et Bastien, 1997). Le critère de brièveté peut donc être rapproché aux effets de séparation de l'attention et d'isolation des éléments (Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). Le critère de densité de l'information recommande de ne pas surcharger ou trop disperser les informations pour éviter les surcharges cognitives, à savoir la trop grande utilisation de la charge cognitive extrinsèque (Scapin et Bastien, 1997; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019).

2.8.1.3 Contrôle explicite

La troisième famille de critères est le contrôle explicite qui correspond au niveau de contrôle dont dispose l'utilisateur sur le processus qu'il exécute (Scapin et Bastien, 1997). Cette famille se divise en deux sous-catégories, les actions explicites de l'utilisateur et le contrôle utilisateur. Le sous-critère des actions explicites de l'utilisateur indique que l'utilisateur doit être à l'origine de l'action. Le critère de contrôle utilisateur indique que l'utilisateur doit avoir en tout temps la possibilité de contrôler ce qui se passe, notamment d'interrompre et de reprendre le processus.

2.8.1.4 Adaptabilité

La quatrième famille de critères est l'adaptabilité. Elle fait référence à la capacité du système à s'adapter aux besoins des utilisateurs (Scapin et Bastien, 1997). Cette famille se divise en deux sous-catégories, la flexibilité et l'expérience utilisateur. La flexibilité correspond au degré de personnalisation de l'interface tandis que l'expérience utilisateur réfère à la possibilité de l'utilisateur de ne choisir que les étapes qui l'intéresse. On peut rapprocher ce critère de l'effet d'isolation des éléments, ainsi qu'à l'autogestion de la charge cognitive, car la division des activités permettra à l'utilisateur de choisir les étapes qu'il désire faire en fonction de son niveau de familiarité avec le problème (Sweller, Merriënboer et Paas, 2019).

2.8.1.5 Gestions des erreurs

La cinquième famille de critères est la gestion des erreurs. Elle a pour objectif la prévention et la réduction des erreurs (Scapin et Bastien, 1997). Cette famille dispose de trois sous-catégories qui sont la protection contre les erreurs, la qualité des messages d'erreurs et la correction des erreurs. La protection contre les erreurs a pour objectif de détecter et d'empêcher les erreurs d'arriver, notamment en vérifiant le type de données et en le bloquant si celui-ci est erroné. La qualité des messages d'erreurs souligne le fait que les messages d'erreur doivent indiquer précisément la cause de l'erreur et comment la résoudre. Enfin, la correction d'erreur insiste sur le fait que les erreurs doivent être simples à réparer par l'utilisateur. On retombe ici dans le quatrième objectif de l'utilisabilité, qui est la diminution des erreurs (Nielsen, 2012).

2.8.1.6 Cohérence¹⁶

La sixième famille de critères est la cohérence qui insiste sur le fait que les mêmes choses doivent être faites et présentées de la même manière (Scapin et Bastien, 1997). On peut rapprocher cela de la charge cognitive extrinsèque. En effet, si l'utilisateur est amené à répondre à un problème de façon différente à chaque occasion rencontrée alors cela augmentera sa charge cognitive, car il devra mettre plus d'énergie afin d'identifier la méthode à appliquer.

2.8.1.7 Signifiante des codes¹⁷

La septième famille de critères est la signifiante des codes qui stipule qu'il doit y avoir un lien sémantique clair entre un terme et le signe qui le représente (Scapin et Bastien, 1997). Cette notion implique qu'il sera facile pour l'utilisateur de comprendre quoi faire lors de sa première utilisation, mais aussi qu'il sera plus facile pour lui de se rappeler l'utilité de chaque option. On peut rapprocher ce critère aux critères d'utilisabilité que sont la capacité d'apprentissage et la mémorabilité (Hollender *et al.*, 2010; Nielsen, 2012). En effet, un lien clair entre un terme et le signe qui le représente permet de faciliter et de rendre plus intuitif la première utilisation et facilite la transition vers la mémoire long terme, car moins de charges cognitives est nécessaires afin de comprendre la signification. Pour prendre un exemple concret, lorsque l'on veut sauvegarder un document, il y a souvent soit une icône en forme de disquette ou une option marquée « Sauvegarder » ou « Save », car ces représentations sont reconnues comme étant des éléments ayant un fort lien sémantique avec l'objectif à accomplir, soit la sauvegarde du document.

2.8.1.8 Compatibilité

La dernière famille de critère est la compatibilité qui insiste sur le fait que les caractéristiques de l'utilisateur doivent être en adéquation avec les caractéristiques de la tâche (Scapin et Bastien, 1997). L'efficacité s'accroît lorsque les procédures sont créées afin d'être compatibles avec les caractéristiques psychologiques de l'utilisateur via la gestion de ses attentes et en faisant des références minimales à d'autres éléments (Scapin et Bastien, 1997). De plus, selon Scapin et Bastien (1997), le transfert d'informations est plus efficace lorsque le volume d'informations est limité.

¹⁶ Traduction libre de « Consistency »

¹⁷ Traduction libre de « Significance of codes »

La compatibilité de la tâche avec les caractéristiques ainsi que le volume d'informations peuvent être rapprochés de la gestion de charge cognitive et notamment à l'effet de séparation de l'attention. Les auteurs donnent plusieurs exemples concrets comme par exemple faire en sorte que la structure des données soit similaire à la façon de faire des participants, ou que les noms dans les messages leur soient familiers (Scapin et Bastien, 1997).

3. Modèle de recherche

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons constaté que les jeux sérieux devenaient des outils de plus en plus utilisés en éducation. De plus, nous avons constaté lors de notre revue de littérature que plusieurs facteurs limitaient leur utilisation et adoption. Étant donnée cette réalité nous avons voulu explorer les facteurs qui impactent l'utilité et l'utilisabilité perçues des jeux sérieux. Afin d'accomplir cela, nous avons en premier lieu étudié les facteurs pouvant impacter l'utilité perçue en étudiant les théories de l'éducation. En effet, nous avons supposé que l'utilité d'un jeu sérieux était liée à sa capacité à aider lors de l'enseignement de concepts pédagogiques. Par conséquent, nous avons étudié la théorie sociale cognitive ainsi que la zone proximale de développement.

La revue de littérature a permis de mettre en lumière qu'un enjeu clé des jeux sérieux est le dilemme entre un contexte et des tâches authentiques et une difficulté abordable pour rester au sein de la zone proximale de développement. Par conséquent, nous avons voulu créer un artéfact qui permettait aux professeurs de pouvoir faire l'arbitrage entre le réalisme et la difficulté. Pour ce faire, nous avons étudié les concepts de résolution de problème, charge cognitive, utilisabilité et ergonomie. Ces concepts ont été étudiés afin de comprendre les facteurs ayant un impact sur l'utilisabilité perçue de l'artéfact que nous souhaitons développer. En plus de cela, nous avons constaté lors de notre étude des jeux sérieux que le temps de formation des professeurs représentait un frein conséquent à l'adoption de jeu sérieux. Par conséquent, nous avons décidé d'utiliser une approche exploratoire avec une méthodologie Design science. En effet, l'approche exploratoire nous permettra de déterminer les facteurs ayant un impact sur l'utilisabilité perçue des jeux sérieux. Or l'artéfact créé selon la méthodologie Design science doit répondre à des critères d'utilité afin de résoudre un problème. Par la suite, cet artéfact nous permettra d'explorer les facteurs impactant l'utilisabilité. Au vu de notre objectif de recherche et de notre revue de littérature, nous avons suggéré 5 propositions de recherches. Au sein de ces 5 propositions, 3 sont tournés vers la perception de l'utilité et 2 vers la perception de l'utilisabilité.

P1 : La possibilité de rendre visibles les paramètres du jeu sérieux accroît l'utilité perçue par le professeur

Cette proposition a été supposée pour 4 raisons. La première raison provient du fait que rendre visibles les paramètres du jeu sérieux permet au professeur de comprendre les concepts et les objectifs pédagogiques présents en son sein. Par conséquent, le professeur en comprenant les concepts et objectifs sera en mesure de répondre de manière claire et précise aux questions des étudiants (Léger *et al.*, 2011). La seconde raison correspond au fait que lorsque le professeur utilise une approche éactive dans son cours, comme avec un jeu sérieux, alors celle-ci doit être précédée d'une approche vicariante (Gaudet-Lafontaine *et al.*, 2016). Or lors de cette approche vicariante, le professeur doit expliquer les concepts et objectifs pédagogiques. Ainsi le fait de rendre visibles les paramètres du scénario lui permet de les montrer afin de démontrer son propos (Schunk, 2012). La troisième raison est que le fait de rendre visibles les paramètres permet aux professeurs de capturer l'attention de ses étudiants lors de la phase de recrutement en leur présentant les concepts qui seront abordés (Wood, Bruner et Ross, 1976). En effet, lors de cette phase il est important de montrer aux étudiants l'intérêt de l'exercice qui va être accompli. Ainsi, en présentant les paramètres du jeu sérieux, le professeur pourra les raccrocher au concept pédagogique qu'il souhaite mettre en avant et donc montrer en quoi ce jeu sérieux aide à la compréhension de ce concept. La dernière raison correspond à la phase d'ajout d'un élément critique. Lors de celle-ci le professeur doit montrer l'écart entre ce que les étudiants ont fait et ce qui serait considéré comme la bonne réponse, en affichant variables qui ont été négligées (Wood, Bruner et Ross, 1976).

P2 : La possibilité d'enseigner plusieurs objectifs pédagogiques avec un même jeu sérieux accroît l'utilité perçue par le professeur

Cette proposition a été supposée pour 2 raisons. La première raison est que comme nous l'avons vu, le temps de formation des professeurs est actuellement un frein à l'adoption des jeux sérieux (Léger *et al.*, 2011). Par conséquent, un jeu sérieux pouvant être utilisé pour enseigner de multiples objectifs pédagogiques sera perçu comme ayant plus d'utilité. Cela étant dû au fait que le professeur n'aura ni à se former, ni à empiéter sur son cours pour faire apprendre d'autre jeu sérieux à ses étudiants, ni à s'acquitter d'autres frais propres à chaque jeu sérieux. La seconde

raison est que l'une des forces des jeux sérieux est leur possibilité d'offrir une variété de situations (Léger *et al.*, 2011). Par conséquent, cette force est accentuée si cette variété de situations est combinée à une variété d'objectifs pédagogiques. Enfin, cette proposition est cohérente avec la théorie de l'apprentissage situationnelle qui recommande que l'apprentissage se fasse au sein d'un contexte authentique et avec des tâches qui le sont tout autant (Mouahed *et al.*, 2012).

P3 : La possibilité de moduler la complexité du jeu sérieux à la zone proximale de développement des étudiants accroît l'utilité perçue par le professeur

Cette proposition a été supposée pour 4 raisons. La première raison est que la modulation de la complexité d'un jeu sérieux permet de l'adapter à la zone proximale de développement des étudiants et donc d'améliorer leur apprentissage (Schunk, 2012). La deuxième raison correspond au frein à l'utilisation des jeux sérieux qui est l'équilibre entre un réalisme accru et une difficulté accessible (Léger *et al.*, 2012). Or en pouvant moduler la complexité du jeu sérieux, il devient alors possible de faciliter la prise en main lors des premières parties puis d'accroître la complexité à mesure que les étudiants maîtrisent le jeu sérieux. La troisième raison provient du besoin de répondre à la tâche de diminution du degré de liberté (Wood, Bruner et Ross, 1976). En effet, lors de celle-ci le professeur doit diminuer le nombre d'éléments que les étudiants peuvent modifier et doivent prendre en compte, cela notamment lors des premiers instants avec le jeu sérieux. La dernière raison correspond à la réalisation de la tâche de contrôle de la frustration (Wood, Bruner et Ross, 1976). Lors de cette tâche, le professeur doit moduler la complexité afin de garder la frustration des étudiants à un niveau optimal.

P4 : La mise en place d'outils segmentant les paramètres du jeu sérieux accroît l'utilisabilité perçue par le professeur

Cette proposition a été supposée pour 2 raisons. La première raison est que cela répond à la fois à l'effet d'isolation des éléments qui mitige la charge cognitive (Pollock, Chandler et Sweller, 2002; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019) et à la sous-catégorie groupement, présente dans les critères d'ergonomie (Scapin et Bastien, 1997). En effet, cela permet au professeur d'être concentré sur les

paramètres qu'il analyse, crée ou modifie. La seconde raison est que l'isolation des éléments permet dans le même temps de respecter l'effet de *séparation de l'attention* (Chandler et Sweller, 1991; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019). En effet, l'isolation des éléments permet le groupement des informations pertinentes de chaque variable. Par conséquent, le professeur n'a pas à regarder à plusieurs endroits pour trouver les informations pertinentes d'une variable ce qui accroît son utilisabilité.

P5 : La mise en place d'outils diminuant les erreurs lors de la création ou modification du jeu sérieux accroît l'utilisabilité perçue par le professeur

Cette proposition a été supposée pour une raison. Cette raison est qu'au sein des critères d'utilisabilité on retrouve le critère de diminution des erreurs (Hollender *et al.*, 2010; Nielsen, 2012). En plus de cela, la gestion des erreurs se retrouve aussi dans les critères d'ergonomie (Scapin et Bastien, 1997). Cette gestion des erreurs permet de diminuer la charge cognitive qu'a le professeur vis-à-vis des tâches de création et modification. En effet, le fait de bloquer en amont les erreurs possibles et d'indiquer clairement comment résoudre les problèmes fait que le professeur a besoin moins de réflexion pour corriger une erreur. Cela aura pour conséquence de diminuer sa charge de travail (Scapin et Bastien, 1997), et la complexité de la tâche de création ou de modification (Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001).

À partir des propositions exprimées, nous avons construit un modèle de recherche (fig. 4). Ce modèle de recherche est en premier lieu basé sur la structure du modèle d'acceptation technologique développé par Davis (Davis, 1989). Cependant notre modèle est orienté sur l'exploration des antécédents du modèle de Davis. Dans ce chapitre nous avons défini trois antécédents qui impactent l'utilité perçue. Ces trois antécédents sont la *visualisation des paramètres du jeu sérieux*, la *possession d'objectifs pédagogiques multiples* et la *adaptation de la complexité du jeu sérieux*. Ces trois antécédents sont respectivement liés aux propositions de recherches P1, P2 et P3. En ce qui concerne l'utilisabilité perçue, nous avons défini deux

antécédents qui sont la segmentation des paramètres et la diminution des erreurs, eux-mêmes respectivement liés aux propositions P4 et P5.

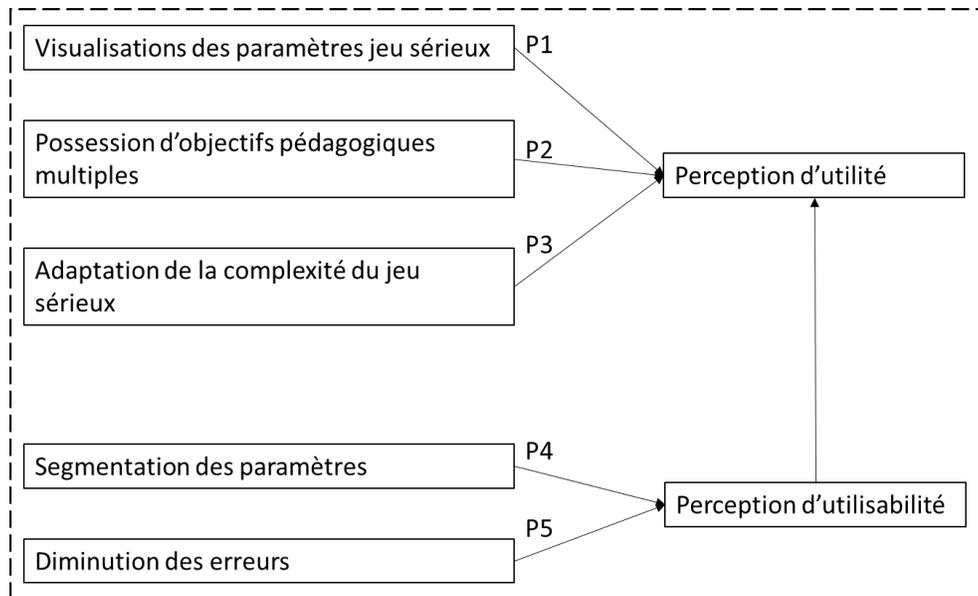


Figure 4 Modèle de recherche

4. Méthodologie générale

Ce mémoire étudie les différents facteurs susceptibles d'impacter les perceptions d'utilité et d'utilisabilité d'un jeu sérieux chez les professeurs en TI. Dans ce contexte, le présent chapitre décrit la méthodologie employée pour la collecte et l'analyse des données nécessaires afin de répondre à notre question de recherche.

Dans le cadre de cette recherche, nous utilisons le jeu sérieux à base de simulation appelé ERPsim (Léger, 2006; Léger *et al.*, 2007) comme base de réflexion. Cette simulation, utilisée par plus de 200 universités à travers le monde, met les étudiants aux commandes d'une entreprise virtuelle au moyen du progiciel de gestion intégré (PGI) nommé SAP. Lors des simulations, les étudiants doivent diriger une entreprise qui est en compétition avec les entreprises gérées par les autres étudiants de leur groupe¹⁸. Durant cette simulation, les étudiants sont amenés à comprendre comment utiliser le PGI SAP. De plus, ils sont aussi amenés à s'appropriier les concepts reliés aux PGI, tels que l'intégration des processus d'affaires supportés par un système d'information. Étant donné qu'un jeu sérieux se définit comme un jeu conçu pour d'autres objectifs que le pur divertissement, nous pouvons affirmer que le choix d'utiliser ERPsim est pertinent dans le cadre de cette étude.

ERPsim propose quatre contextes de simulation qui sont : *Manufacturing*, *Logistic*, *Retail* et *Distribution*¹⁹ (Léger *et al.*, 2007) chacun de ces contextes de simulation vise des objectifs pédagogiques différents et intègre des processus d'affaires spécifiques. On notera de plus que chaque contexte de simulation possède plusieurs niveaux de difficulté.

Dans le cadre de cette recherche, notre étude porte sur le contexte de simulation *Manufacturing*, niveau avancé (niveau le plus élevé). Celui-ci a été choisi, car il regroupe tous les processus d'affaires des contextes de simulation *Logistic*, *Retail* et *Distribution*, à l'exception de la gestion de fournisseurs multiples (présent uniquement dans le contexte de simulation *Retail*).

¹⁸ ERPsim propose aussi des simulations dans lesquelles les étudiants ne sont pas en compétition directe.

¹⁹ Il faut disposer d'un compte sur le site pour avoir accès à ces informations

Les contextes de simulation proposés par ERPsim comportent de nombreux paramètres, initialisés selon le niveau de difficulté, qui ne sont pas accessibles aux utilisateurs. Le nonaccès à ces paramètres fait en sorte que les professeurs ne comprennent pas entièrement les variables affectant la performance des équipes. Il en découle que les professeurs éprouvent des difficultés à répondre aux étudiants lorsque ceux-ci leur demandent l’impact d’une variable sur le marché simulé.

Afin de répondre à cette problématique, nous utilisons une recherche exploratoire basée sur une méthodologie Design science. Lors de cette recherche, nous allons dans un premier temps, explorer les facteurs impactant la perception de l’utilité d’un jeu sérieux. Dans un second temps, nous allons effectuer deux collectes de données afin d’évaluer les ensembles d’interfaces (artéfact) créés pour répondre aux facteurs impactant l’utilité. De surcroît, ces deuxièmes et troisièmes collectes nous permettront d’explorer les facteurs ayant un impact sur l’usabilité perçue des artéfacts répondants aux facteurs impactant l’utilité perçue. Durant la création et l’évaluation de cet ensemble d’interfaces, un processus de recherche itératif sera utilisé, alternant développement et évaluation, tel que recommandé par Hevner (Hevner *et al.*, 2004). Dans ce contexte, trois collectes de données seront effectuées.

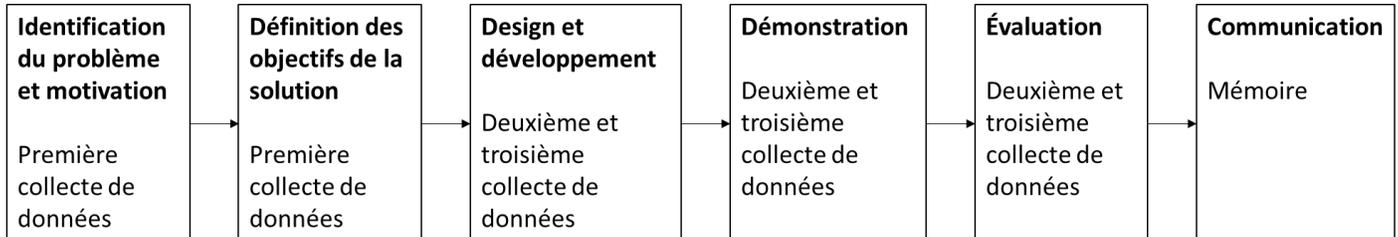


Figure 5 Application méthodologie Design Science

4.1 Première collecte de données : Détermination des requis

La première collecte a pour objectif d’explorer les facteurs impactant la perception de l’utilité des jeux sérieux et de déterminer les requis des artéfacts. Afin de répondre à cet objectif, nous avons opté pour une méthodologie qualitative, à savoir des entretiens semi-structurés avec les participants. Ces entretiens sont menés en utilisant un guide d’entretien inspiré du modèle utilisé par Dhennin (Dhennin, 2011), ce guide s’appuyant sur les recommandations de Rubin et Rubin (Rubin, 2005). Les entretiens semi-structurés ont été choisis, car elles offrent un compromis entre la liberté des entretiens non structurés et la rigidité des entretiens structurés (Kumar, 2014). En effet, en raison de l’existence de plusieurs autres enjeux d’améliorations possibles au sein de

l'écosystème ERPsim²⁰, des entrevues non structurées ont un risque non négligeable de dériver sur des sujets hors de la portée de cette recherche. À l'opposé, le recours à des entrevues structurées avec des réponses fermées risque de ne pas permettre de prendre en compte la pluralité des réalités. Il serait alors possible de manquer des requis essentiels au fonctionnement de l'artefact.

Les entrevues se déroulent en cinq grandes phases comme conseillées par Rubin et Rubin (2005) et appliquées par Dhennin (2011). Le guide d'entrevue est présenté à l'Annexe 1. La première phase, soit la section « Introduction » du guide d'entrevue, consiste en la présentation du chercheur et en l'explication de l'objectif de la rencontre. Le but recherché est d'établir un premier contact et de rassurer le participant vis-à-vis de l'entrevue (Dhennin, 2011). Cette phase inclut la permission d'enregistrer la conversation et réitérer les règles de confidentialités et d'anonymats. De plus, durant cette phase, un document de consentement est distribué afin d'obtenir l'approbation du participant (De Bleecker, 2018).

La deuxième phase, soit la section « Warm-up » du guide d'entrevue, correspond à des questions faciles tout en faisant preuve d'empathie afin de mettre en confiance le participant et d'encourager la discussion (De Bleecker, 2018 ; Dhennin, 2011). Durant cette phase le participant est questionné sur les façons dont il utilise les divers contextes de simulation d'ERPsim au sein de ses cours.

La troisième phase, soit « Current situation » et « Need for improvement » de la section « Main Subject » du guide d'entrevue, englobe les questions difficiles afin de tester le participant sur des sujets plus complexes et demandant des réponses de niveau conceptuel plus élevé (De Bleecker, 2018 ; Dhennin, 2011). La sous-étape « Current situation » a pour objectif de tester la connaissance du participant sur le fonctionnement du système actuel et de faire ressortir les manques et les incompréhensions. La sous-étape « Need for improvement » a pour but d'amener le participant à utiliser les problèmes explicités afin de définir les améliorations qu'il aimerait avoir afin de pallier cette situation. C'est au travers de cette étape que les besoins fonctionnels de la solution sont capturés.

²⁰ Les autres enjeux pouvant être l'analyse des données, la console de lancement de simulation, etc.

La quatrième phase, soit « Another need » de la section « Main Subject » du guide d’entrevue, vise à réduire le niveau émotionnel en remettant en confiance le participant. Cela passe par le fait d’ouvrir la discussion aux questions et commentaires du participant (De Bleecker, 2018 ; Dhennin, 2011). Au cours de cette phase, le participant est invité à exprimer d’autres modifications qu’il aimerait voir apporter sur les différents aspects du simulateur ERPsim. Cette phase permet d’élargir la discussion à d’autres éléments auxquels le chercheur n’a pas pensé.

La cinquième et dernière phase, soit la section « Conclusion » du guide d’entrevue, consiste en la conclusion de l’entrevue. Cela se fait en soulignant l’importance de la contribution du participant et le maintien du contact pour les prochaines échéances (De Bleecker, 2018). Cette phase consiste à poser une dernière question pour identifier des éléments non discutés que le participant voudrait mentionner. Enfin, la rencontre se termine en remerciant le participant et en donnant des explications sur les prochaines étapes de collecte.

4.2 Deuxième et troisième collecte de données : Évaluation des ensembles d’interfaces

La deuxième et la troisième collecte de données ont pour objectifs d’explorer les facteurs impactant la perception d’utilisabilité d’un jeu sérieux et d’évaluer les ensembles d’interfaces développées. Étant donné la similarité de leurs objectifs, une même méthodologie de collecte de données est employée. Cependant, comme la troisième collecte se déroule à distance, le protocole expérimental pour les deux dernières collectes de données est alors basé sur les règles applicables dans le cadre d’une expérience en « Remote Testing » (De Bleecker, 2018). Le but est d’avoir une base de comparaison entre la deuxième et troisième collecte de données.

Afin de tester le prototype et la méthodologie, des prétests sont effectués sur trois personnes la semaine précédant l’expérience. Une limite est cependant à noter dans ces prétests. En effet, ceux-ci sont réalisés avec des étudiants francophones de 2^e cycle universitaire, âgés dans le début de la vingtaine, alors que les participants sont des professeurs anglophones âgés dans la quarantaine.

Pour les deux dernières collectes, on retrouve cinq phases. Au cours de la première phase, « *Introduction* », le chercheur se présente et explique les étapes de l’expérience et ses objectifs (De Bleecker, 2018). De plus, lors de cette phase, les documents de consentement sont fournis et signés et les règles de confidentialités et d’anonymats sont réitérées.

La deuxième phase, « *Warm-up* », a pour but de détendre le participant. Cette phase peut prendre la forme de questions générales ou de tâches simples à effectuer (De Bleecker, 2018). L'approche choisie est de demander au participant de réaliser une analyse simple des paramètres du jeu sérieux sur un ensemble d'interfaces à tester. Ainsi, le participant se voit remettre un ensemble d'interfaces avec les paramètres du jeu sérieux. Il doit alors répondre à plusieurs questions en lien avec ces paramètres afin de déterminer si le participant peut facilement les comprendre. La décision de commencer par l'analyse des paramètres découle des prétests qui ont montré que les participants maîtrisent plus rapidement les concepts présentés s'ils commencent par cette tâche. De plus, cette supposition est cohérente avec l'utilisation de l'ensemble d'interfaces une fois déployées. En effet, les professeurs auront aux préalables vu l'information sur un marché au moins une fois avant de pouvoir le modifier.

Lors de la troisième phase, « *Tasks* », le participant est invité à réaliser quatre analyses de paramètres d'un jeu sérieux et à créer deux scénarios. Dans le cadre de cette recherche, un scénario est défini comme un ensemble de paramètres du jeu sérieux qui sont utilisés par le système lors d'une simulation. Lors de la tâche d'analyse (Annexe 2), le participant reçoit un questionnaire sur les paramètres et doit trouver les valeurs demandées dans l'ensemble d'interfaces (p.ex., Trouver le produit avec la plus haute préférence). Lors de la tâche de création (Annexe 3), le participant reçoit une liste de paramètres à saisir dans l'ensemble d'interfaces. Le nombre de tâches est déterminé en fonction des rétroactions des prétests. En effet, les prétests montrent qu'il est possible de compléter jusqu'à 6 tâches dans un intervalle de 40 minutes, comme recommandé par De Bleecker (2018). Durant ces tâches, les actions des participants au sein des interfaces sont enregistrées afin de pouvoir déterminer les éléments avec lesquels ils ont du mal à interagir.

Lors de la quatrième phase, « *Post-session questions* », le participant est invité à parcourir de nouveau les ensembles d'interfaces avec le chercheur. Durant cette rétroaction, le participant est encouragé à exprimer ses préférences et à classer les différents ensembles d'interfaces présentées.

Lors de la dernière phase, « *Wrap-up* », le participant est remercié pour son aide au cours de la collecte. Par la suite, les informations concernant les prochaines étapes lui sont fournies.

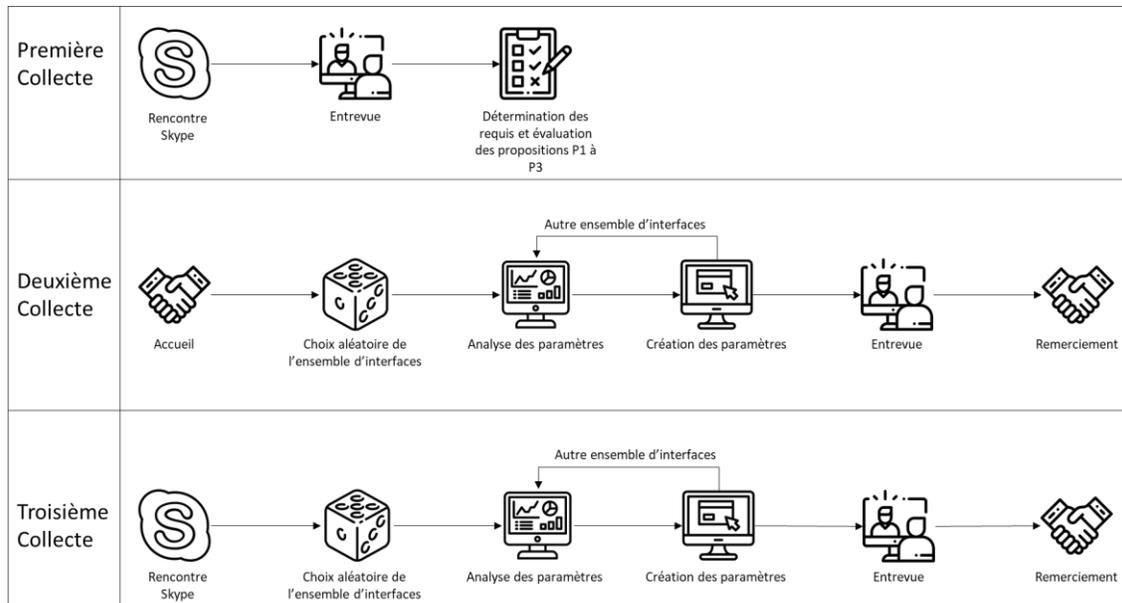


Figure 6 Résumé de la méthodologie de recherche

4.2.1 Problèmes lors de la deuxième collecte

La méthodologie présentée est celle qui a effectivement été utilisée. On notera cependant que ce n'est pas la méthodologie qui a été planifiée. En effet, il était prévu que les expériences se déroulent avec un système d'*eye tracking*, couplé à une analyse des émotions faciales afin de déterminer les points de frictions potentiels ainsi que la charge cognitive via la pupillométrie et l'oculométrie. Cependant, lors d'un dernier prétest la veille de l'expérimentation, une licence a expiré et n'a pu être renouvelée avant l'arrivée des participants le lendemain. De plus, les expérimentations ne pouvaient pas être reportées, car les participants n'étaient disponibles que durant une semaine à Montréal pour le « ERPsim User Group Meeting ». Par conséquent, le protocole expérimental a été modifié et les ensembles d'interfaces adaptées durant la nuit précédant les entrevues. Il s'en est suivi que les prétests n'ont pu être effectués que tard durant la nuit, résultant en la présence de certaines erreurs au niveau du questionnaire et des ensembles d'interfaces qui n'ont pu être détectées. Par conséquent, des erreurs se sont produites lors de la deuxième collecte de données.

4.3 Échantillon

La population à l'étude est l'ensemble des professeurs utilisant ERPsim. Dans l'objectif de déterminer les besoins de cette population, il est nécessaire d'identifier les critères permettant de

sélectionner un échantillon représentatif. Parmi cette population, le cadre d'échantillonnage est constitué de professeurs répondant aux deux critères suivants :

- Être présent à la conférence (ERPsim User Group Meeting) organisée par l'entreprise détenant le jeu sérieux ERPsim entre le 17 et le 20 juin 2019. Ce choix est fait pour répondre au besoin de la seconde collecte qui utilise un système d'*eye tracking*, et qui par conséquent nécessite la présence physique du participant ;
- Avoir la certification ERPsim de niveau 2 ou avoir au moins deux années d'expérience avec les produits proposés par ERPsim. Ce choix est fait pour s'assurer que le participant ait suffisamment d'expérience avec la simulation et soit ainsi apte à fournir un retour d'expérience pertinent quant aux points permettant de moduler la simulation.

Sur les 22 personnes contactées pour participer à l'expérience, 8 ont répondu favorablement. Lors des deux premières collectes, 8 participants sont présents (tab. 1). Cependant, seulement 6 d'entre eux ont participé aux trois collectes (tab. 2). Les tableaux 1 et 2 présentent les données démographiques des participants obtenues à l'aide du questionnaire présenté à l'annexe 4.

Données démographiques	Réponse	Fréquence	Pourcentage
Âge des participants	30-39	1	12,5 %
	40-49	4	50,0 %
	50-59	1	12,5 %
	60-69	2	25 %
Plus haut degré de formation universitaire complétée	Maîtrise	3	37,5 %
	PHD	5	62.5%
Plus haut degré de certification ERPsim complétée	Niveau 1	3	37,5 %
	Niveau 2	5	62,5 %
Nombre d'années d'expérience avec ERPsim	2-4	4	50,0 %
	5 et +	4	50,0 %

Données démographiques	Réponse	Fréquence	Pourcentage
Utilisation du jeu <i>Manufacturing</i>	Oui	6	75,0 %
	Non	2	25,0 %

Tableau 1 Données démographiques : Première et deuxième collecte de données

Données démographiques	Réponse	Fréquence	Pourcentage
Âge des participants	30-39	1	16,7 %
	40-49	3	50,0 %
	50-59	1	16,7 %
	60-69	1	16,7 %
Plus haut degré de formation universitaire complétée	Maîtrise	2	33,3 %
	PHD	4	66,7 %
Plus haut degré de certification ERPsim complétée	Niveau 1	2	33,3 %
	Niveau 2	4	66,7 %
Nombre d'années d'expérience avec ERPsim	2-4	3	50,0 %
	5 et +	3	50,0 %
Utilisation du jeu <i>Manufacturing</i>	Oui	6	100,0 %
	Non	0	0,0 %

Tableau 2 Données démographiques : Troisième collecte de données

4.4 Analyse des données

Dans le cadre de cette recherche, les données utilisées sont principalement qualitatives et sont sous la forme de retranscription des entretiens semi-structurés. Afin de pouvoir analyser les données, ces dernières sont codées à partir d'une grille de codification en utilisant le logiciel Optimal Workshop²¹.

La codification et l'analyse sont faites de manière itérative afin de s'assurer qu'aucun élément ne soit oublié. De plus, lors de ce processus, plusieurs codes sont modifiés afin d'éviter toutes ambiguïtés. Les processus de codification et d'analyse sont effectués itérativement jusqu'à que le chercheur ne trouve aucun changement pertinent à faire.

²¹ <https://www.optimalworkshop.com/>

4.4.1 La grille de codification

La grille de codification est créée en deux étapes. La première étape consiste en la création d'une grille de codification initiale basée sur les variables présentes au sein du jeu sérieux. Par la suite, cette grille est bonifiée par l'ajout de codes provenant des entrevues et qui n'avaient pas été codés lors de la première itération.

4.4.1.1 Variables de la grille

La grille de codification regroupe au total 10 variables principales, qui sont subdivisées en sous-variables spécifiques. Les variables suivantes : *Marketing*, *Nouvelles*, *Préférences*, *Prix de Vente*, *Prix des Matières Premières*, *Qualité*, *Répartition par Canaux de Distribution*, *Répartition par Région* et *Taille du Marché*, sont celles qui permettent d'opérationnaliser la complexité de la simulation. La dernière variable, *Jeu*, inclut tous les éléments qui ne rentrent pas dans la modulation de la complexité de la simulation, comme la possibilité d'afficher les paramètres du marché aux étudiants (p.ex., sensibilité des prix). Le tableau 3 définit ces variables.

Variable	Description
Marketing	Somme d'argent que les équipes peuvent dépenser pour promouvoir leurs produits par région.
Nouvelles	Informations indiquant des changements sur les finances des entreprises ainsi que des événements impactant les <i>Prix des Matières Premières</i>
Préférences	Degré de valorisation du produit auprès des consommateurs
Prix de Vente	Prix de vente du produit. Ce prix est défini pour un produit et un canal de distribution spécifique.
Prix des Matières Premières	Prix d'achat des matières permettant la création des produits finis
Qualité	Degré de valorisation du produit en fonction de sa composition
Répartition par Canaux de Distribution	Part de marché par catégorie de client

Variable	Description
Répartition par Région	Part de marché par région
Taille du Marché	Demande totale des produits sur le marché en euro
Jeu	Autres éléments que ceux cités précédemment (définis dans le paragraphe suivant)

Tableau 3 Variables de la grille de codification

Les variables *Marketing*, *Nouvelles*, *Prix de vente*, *Prix des Matières Premières* et *Qualité* sont analysées suivant trois aspects : *l'Impact*, *l'Utilisation* et le *Contrôle*. Ces aspects sont définis comme suit :

- L'aspect *Impact* représente le niveau d'*Impact* perçu qu'a une modification d'une variable sur les ventes de la compagnie au sein d'un marché.
- L'aspect *Utilisation* décrit le degré d'*Utilisation* d'une variable par les étudiants et les professeurs.
- L'aspect *Contrôle* représente la volonté des professeurs de contrôler une variable.

Les variables *Préférences*, *Répartition par Canaux de Distribution*, *Répartition par Région* et *Taille du Marché* sont analysées suivant un seul aspect, le *Contrôle*. Puisque ces trois variables sont initialisées par le système au début de la simulation et demeurent constantes pendant la partie, les étudiants et les professeurs ne peuvent pas les modifier. Il semble donc peu opportun de considérer les aspects *Impact* et *Utilisation* dans ce contexte.

La variable *Jeu* est analysée suivant cinq aspects : *Difficulté*, *Préconstruits*, *Objectif Pédagogique*, *Engagement* et *Affichage*. Ces aspects sont définis comme suit :

- L'aspect *Difficulté* permet d'identifier le niveau de complexité des simulations.
- L'aspect *Préconstruits* désigne le souhait des professeurs d'avoir des scénarios de simulation fournis par ERPsim (ex. variation de la *Taille du Marché*).

- L'aspect *Objectif Pédagogique* permet d'évaluer l'atteinte des objectifs pédagogiques associée à l'*Utilisation* de la simulation.
- L'aspect *Engagement* décrit l'effet de la simulation sur la motivation des étudiants.
- L'aspect *Affichage* regroupe les paramètres de la simulation (ex. sensibilité au prix) que les professeurs aimeraient pouvoir montrer à leurs étudiants.

4.4.1.2 Grille de codification lors de la deuxième et troisième collecte

La grille de codification de la première collecte (tab. 3) est mise à jour pour les deuxième et troisième collectes afin de prendre en compte des éléments qui ne sont pas évalués lors de la première collecte. La première modification concerne la variable *Marketing* qui est scindée en deux sous-variables : *Bonus* et *Investissement*, définies comme suit :

- La variable *Bonus* représente le fait de conserver le même nombre d'acheteurs (part de marché) tout en ayant une augmentation de prix des produits. Par exemple, si X consommateurs veulent acheter le produit A pour 5 euros, puis que le prix du produit A monte à 6 euros, un Bonus de 1 euro permettra de préserver ces X consommateurs.
- La variable *Investissement* représente la dépense minimale qu'une équipe doit faire en *Marketing* afin d'obtenir le *Bonus*.

La deuxième modification correspond à l'ajout de variables contextuelles qui permettent de regrouper les fragments d'entrevue par situation à analyser. Ces variables permettent également de cibler plus facilement les problématiques rencontrées par les participants, et ainsi de mieux fournir des recommandations pour notre recherche. Le tableau 3 présente ces variables contextuelles.

Variables contextuelles	Description
Type de tâches	Décrit la tâche que doit faire le participant
Numéros de la tâche	Indique le numéro de la tâche que fait le participant

Variables contextuelles	Description
Graphique	Indique si l'interface individuelle montrée contient des graphiques
Page	Indique si l'interface individuelle est composée d'une page ou de plusieurs pages
Bloqué	Indique si tous les champs sont bloqués ou seulement ceux pertinents pour la tâche
Statut	Indique si le participant a réussi ou non la tâche
Problème	Indique le type de problème rencontré par le participant

Tableau 4 Variables contextuelles

5. Création et Évaluation

Dans l'objectif de comprendre les différents facteurs susceptibles d'impacter les perceptions d'utilité et d'utilisabilité d'un jeu sérieux chez les professeurs en TI, nous utilisons une méthodologie de recherche en trois phases, telles que décrites dans le chapitre précédent. La première itération consiste en l'exploration des facteurs impactant la perception de l'utilité et en la détermination des requis. Lors de cette phase, nous créons également les premières versions des ensembles d'interfaces. Durant la deuxième itération, nous évaluons les différents ensembles d'interfaces créés ainsi que chaque interface individuellement et nous les modifions en fonction des commentaires émis par les participants. Enfin, lors de la troisième itération, les ensembles d'interfaces sont évalués une dernière fois et des recommandations d'améliorations sont formulées afin de passer au développement d'une version finale intégrée au jeu sérieux.

5.1 Itération 1 : Détermination des requis

Le but de cette première collecte est d'explorer les facteurs qui impactent la perception de l'utilité et à déterminer les éléments problématiques à l'utilisation d'ERPsim par les professeurs et les étudiants. Cela permet par la suite de définir les requis à la conception des ensembles d'interfaces. À cet effet, l'identification des besoins doit permettre de résoudre les carences constatées et par conséquent accroître l'utilité perçue des solutions préconisées.

Ainsi, afin de déterminer les requis, il est demandé aux participants d'expliquer leur niveau de compréhension vis-à-vis des variables du jeu. Par la suite, ils doivent préciser s'ils arrivent à comprendre l'*Impact* qu'a la modification de la valeur d'une variable (voir Tab. 3) sur le marché simulé. Suite à cela, les participants sont invités à décrire les variables qu'ils aimeraient contrôler et celles qu'ils souhaiteraient pouvoir montrer à leurs étudiants. Finalement, il leur est demandé de préciser si la forme actuelle du jeu leur permet d'atteindre leurs objectifs pédagogiques lorsqu'ils utilisent ERPsim en classe.

5.1.1 Analyse & Résultats

Nous analysons ici l'*Impact*, l'*Utilisation* et le *Contrôle* des différentes variables présentées dans la grille de la codification. L'analyse des données générées durant les entrevues sert de base à l'identification des requis pour la conception des différents ensembles d'interfaces. Pour cette

analyse, nous procédons systématiquement par variable et aspects, tels qu'identifiés à la Section 4.4.1.1.

5.1.1.1 Marketing

Au cours des entrevues, la variable *Marketing* est mentionnée par 7 des 8 participants. Dans ce qui suit, nous allons analyser cette variable selon les trois aspects qui sont *l'Impact*, *l'Utilisation* et le *Contrôle*.

L'Impact de la variable *Marketing* est décrit par 6 des 7 répondants comme étant très faible sur le marché. Le participant 2 indique « *It [Marketing] has a very, very low Impact* » tandis que le participant 3 nous dit que « *I do question about the real Impact the marketing has on sale and no sale* ».

Le degré d'*Utilisation* de la variable *Marketing* est décrit comme relativement faible par 5 des 7 répondants. Par exemple, le participant 8 précise que « *students usually don't do anything at all in terms of marketing* ».

L'aspect *Contrôle* de la variable *Marketing* est mentionné par 4 des 7 répondants qui indiquent vouloir être en mesure de contrôler *l'Impact* de cette variable sur le jeu. Le participant 3 justifie cette volonté de *Contrôle* en disant « *Having a little more control over the marketing aspect, and also the pricing, I think that would make the game more fun, I certainly think that also allow the instructor to better answer the question* ».

Lors des entrevues, le participant 3 mentionne qu'il rencontre des difficultés concernant la compréhension de *l'Impact* de la variable *Marketing* ainsi que son *Utilisation*. De plus, il admet ne pas savoir quoi répondre lorsque ses étudiants lui posent des questions sur la variable *Marketing*. « *We just almost accept it, as it is just a Blackbox [Marketing] that something that the guys in HEC have created it, we don't know anything about it, but we know that it works* ». Or, nous voyons dans cette citation qu'il y a une opposition avec la théorie d'utilisation des jeux sérieux qui indique que dans le cadre jeux sérieux utilisant une simulation, les professeurs doivent pouvoir fournir une information claire et précise au début de la simulation (Léger et al., 2011).

L'analyse de la variable *Marketing* nous montre plusieurs enjeux d'améliorations qui doivent être résolus. Tout d'abord, l'aspect *Impact* de la variable *Marketing* est jugé comme trop faible. En effet, les étudiants et professeurs ont un faible niveau de perception de l'*Impact* d'une modification de cette variable sur les ventes. Par conséquent, cela impacte négativement son *Utilisation*, c'est-à-dire que les étudiants n'effectuent aucune modification sur le *Marketing* durant une simulation. Il semble donc nécessaire d'offrir aux professeurs un outil leur permettant de contrôler l'*Impact* de la variable *Marketing* au sein du jeu. Ce *Contrôle* doit leur permettre d'augmenter son *Impact* afin de le rendre plus perceptible auprès des étudiants qui seront alors plus enclins à l'utiliser. De plus, la possibilité de contrôler l'*Impact* de la variable *Marketing* doit permettre aux professeurs de comprendre son fonctionnement et ainsi de pouvoir répondre aux questions des étudiants.

Par conséquent, la solution apportée doit offrir deux solutions : contrôler l'*Impact* du *Marketing* et comprendre le fonctionnement de cette variable.

R1 : L'interface devra permettre de comprendre le fonctionnement de la variable Marketing (R1a) ainsi que d'autoriser sa modification (R1b)

5.1.1.2 Nouvelles

Au cours des entrevues, les *Nouvelles* sont mentionnées par 6 des 8 participants. Nous allons analyser cette variable selon les trois aspects *Impact*, *Utilisation* et *Contrôle*.

L'*Impact* de la variable *Nouvelles* est unanimement jugé comme étant inexistant par les participants. Le participant 2 va même jusqu'à préciser que « *They ignore that [News] after a little bit, because it is not news that it's relevant to their company, so they don't care about the news* ».

Le degré d'*Utilisation* des *Nouvelles* est aussi unanimement évalué par les participants comme étant inexistant. Par exemple, le participant 3 indique que « *We don't usually use the news in my course* ».

Le *Contrôle* de la variable *Nouvelles* est mentionné par 5 des 6 répondants. Sur ces 5 répondants, 4 d'entre eux déclarent qu'ils souhaitent pouvoir contrôler les *Nouvelles* afin de les rendre plus pertinentes pour les étudiants. Ils signalent notamment leur souhait d'utiliser les *Nouvelles* comme un moyen d'informer les étudiants sur l'état du marché ou de leur donner des conseils sur la simulation (ex. *Pénurie du produit A* ou *Avez-vous pensé à contrôler votre Inventaire?*). Le

participant 2 précise par exemple que « *It's very difficult for the students to realize when changes are happening, so they need to have cues, that's when the news comes in* ». Tandis que le participant 5 indique que « *I think it is a little dry of a level of interaction, so maybe like tips or reminders* ». Le participant 3 précise pour sa part qu'il ne veut pas pouvoir modifier les *Nouvelles* mais qu'il souhaite que le jeu le fasse pour lui « *I want the game to dictate that for me* ».

L'analyse de la variable *Nouvelles* nous montre un problème au niveau de l'utilité de la variable *Nouvelles* en raison du fait qu'elle n'offre pas d'éléments utilisables par les étudiants. Les professeurs exposent le fait qu'ils veulent que les informations fournies reflètent la réalité du marché simulé et soient exploitables pour la simulation. Or, l'*Impact* des *Nouvelles* est jugé insuffisant pour permettre un changement de stratégie de jeu viable par les étudiants. En effet, la variable *Nouvelles* diffuse aux étudiants uniquement des informations sur la cote de crédit de leur équipe et sur la variation du *Prix des Matières Premières*. La cote de crédit n'offre pas d'information utilisable hormis un constat. Tandis que la fluctuation du *Prix des Matières Premières* est perçue comme étant trop faible par les étudiants. À cet effet, ils n'effectuent aucune modification de stratégie commerciale. En effet, le faible *Impact* des changements de *Prix des Matières Premières* ne justifie pas une prise de risque sur cette question par les équipes.

La solution apportée doit permettre de rendre les *Nouvelles* utiles pour les étudiants en leur fournissant des informations sur le marché.

R2 : L'interface devra permettre de modifier les Nouvelles (R2a) et devra offrir une option permettant de générer automatiquement des Nouvelles sur l'état du marché (R2b)

5.1.1.3 Préférences

Le sujet des *Préférences* est évoqué par 5 des 8 répondants. En ce qui concerne l'aspect *Contrôle*, 3 participants signalent leur désir de contrôler les *Préférences* du marché, spécifiquement en ayant la possibilité de créer leurs propres marchés ou de modifier des marchés générés par le système. À cet effet, le participant 3 dit que « *I think that would be handsome, I think that would be fantastic to have it [something to control the market preference]* ».

De son côté, le participant 8 indique qu'il n'est pas intéressé par la possibilité de créer ses propres *Préférences*. « *I don't particularly care about generating my own market size and setting my own*

preference ». Cependant, ce même participant signale vouloir être en mesure de réduire le nombre de produits afin de diminuer la complexité du jeu lors de la première simulation. « *One limitation you can probably give is limited the number of products* ». L'idée de réduire le nombre de produits en vente lors des premières simulations est aussi évoquée par le participant 6.

L'analyse de la variable *Préférence* nous permet d'identifier deux requis. Le premier requis est la possibilité d'offrir un outil permettant aux professeurs de manipuler les *Préférences* du marché. Cet outil doit disposer d'une option de génération automatique de marché pour les professeurs ne souhaitant pas s'occuper de ce point. Le deuxième requis découle de la volonté de réduire la complexité du jeu en diminuant le nombre de produits durant les premières simulations. L'outil doit donc intégrer une option de retrait de produits.

R3 : L'interface devra permettre de modifier les Préférences (R3a) et devra offrir une option permettant de retirer les produits du marché (R3b)

5.1.1.4 Qualité

Durant les entrevues, la *Qualité* est mentionnée par 5 des 8 participants. Nous allons analyser cette variable selon les trois aspects *Impact*, *Utilisation* et *Contrôle*.

L'*Impact* de cette variable est jugé comme étant faible par 3 des 5 participants. Par exemple, le participant 1 indique que « *We are not aware of the impact [of the quality] on the market* ».

Le degré d'*Utilisation* de la *Qualité* est aussi évalué comme étant faible par les participants. Par exemple, le participant 4 dit que « *I haven't really looked at it [quality]* ».

Le *Contrôle* est évoqué très brièvement par 2 participants. Ces participants mentionnent qu'ils aimeraient avoir un outil leur permettant de contrôler les forces relatives des trois variables *Marketing*, *Qualité* et *Prix*. Le participant 4 indique que « *market sensitivity [quality, price, Marketing] is the trigger I would like to see most* ».

La variable *Qualité* partage les mêmes problématiques que la variable *Marketing* en termes d'*Impact* et d'*Utilisation*. Cependant, les professeurs ont peu évoqué leur désir de contrôler cette variable.

R4 : L'interface devra permettre de modifier l'Impact de la Qualité (R4)

5.1.1.5 Prix de vente

La variable *Prix de Vente* est mentionnée par 5 des 8 participants. Cependant cette variable n'est abordée que succinctement par les participants. Dans ce qui suit, nous allons analyser cette variable selon les trois aspects *Impact*, *Utilisation* et *Contrôle*.

L'*Impact* de cette variable est jugé comme étant le facteur ayant le plus fort *Impact* par 4 des 5 participants. Le participant 6 précise même que « *It's always the price that determine who wins* ».

Le degré d'*Utilisation* n'est pas évoqué par les participants.

Le *Contrôle* est mentionné par 4 des 5 répondants. Les 4 répondants ont unanimement confirmé vouloir être en mesure de modifier l'*Impact* de cette variable, notamment pour pouvoir mettre de l'avant l'*Impact* des variables *Marketing* et *Qualité*. Le participant 2 indique par exemple que « *being able to change things is an interesting idea, basically changing the price sensitivity* ».

Le *Prix de Vente* est considéré comme une variable ayant un *Impact* fort sur le déroulement de la simulation, à l'opposé des variables *Marketing* et *Qualité*, bien que cette importance soit compréhensible pour maintenir le réalisme de la simulation. Son *Impact* est tel qu'il semble empêcher l'*Utilisation* d'autres variables comme le *Marketing* et la *Qualité*. Par conséquent, l'outil doit disposer d'un moyen de contrôler l'*Impact* du *Prix de Vente* afin de minimiser son *Impact* par rapport à celui des variables *Marketing* et *Qualité*.

R5 : L'interface devra permettre de modifier l'Impact du Prix de Vente (R5)

5.1.1.6 Prix des Matières Premières

Le *Prix des Matières Premières* est abordé par 6 des 8 participants. Dans ce qui suit, nous allons analyser cette variable selon les trois aspects *Impact*, *Utilisation* et *Contrôle*.

L'*Impact* de cette variable est jugé comme étant faible par 4 des 6 participants. Les variations du *Prix des Matières Premières* sont considérées par les professeurs comme n'ayant qu'un *Impact* limité sur les profits ou les classements des entreprises. Cette réalité fait en sorte que les variations du *Prix des Matières Premières* ne justifient pas un changement de stratégie de la part des équipes. Par exemple, le participant 6 indique que « *those raw materials cost twice more or twice less does not change much their profitability and rank* ».

Le degré d'*Utilisation* de cette variable par les étudiants n'est pas évoqué par les participants. Cependant le participant 3 précise que dans le cadre de son cours, il conseille aux étudiants de ne pas se soucier de cette variable. « *I tell them, in order to produce you need to buy raw materials and go, we don't really get into the pricing of raw materials* ».

Le *Contrôle* est mentionné par 5 des 6 répondants. De ces 5 répondants, 3 déclarent être favorables à la possibilité de modifier la variation du *Prix des Matières Premières*. Le participant 5 indique notamment que « *Yeah absolutely, because now it's constant so that will add an extra level of challenge, they need to not only think about the price but also their profits because they need to be aware that the supplier might increase the price on them* ». À l'opposé, 2 participants mentionnent ne pas être intéressés par ce type de *contrôle*. Par exemple le participant 8 indique « *I don't know if it would matter for my class [controlling the price of the Raw Material]* ». Il ajoute que « *It's another level of complexity that's it's probably not good for beginner players* ».

Concernant le *Prix des Matières Premières*, cette variable est vue comme peu utile, car n'ayant pas d'*Impact*. Nous percevons un intérêt pour le *Contrôle* de cette variable, car elle peut apporter plus de complexité à la simulation. Cependant, celle-ci doit pouvoir être désactivée lors des premières simulations afin de ne pas la rendre trop complexe pour les nouveaux utilisateurs. Ainsi, nous constatons une ambivalence dans les attentes vis-à-vis de cette variable. Par conséquent, cette variation doit être à la fois contrôlable, tout en étant désactivable au besoin (la variable est optionnelle).

R6 : L'interface devra permettre de modifier le Prix des Matières Premières (R6)

5.1.1.7 Répartition par Canaux de Distribution

La *Répartition par Canaux de Distribution* est abordée par 3 des 8 participants. Deux participants souhaitent avoir un *Contrôle* sur cette variable. Cependant, cette volonté de *Contrôle* se limite principalement à la possibilité d'ajouter un nouveau canal de distribution. À cet effet, le participant 3 dit que « *Anything that can make the game even more relevant than it already is, I think is always welcome, like adding a distribution channel* ». Par ailleurs, le participant 8 indique ne pas souhaiter avoir le *Contrôle* sur cette variable.

La variable *Répartition par Canaux de Distribution* ne semble pas être prioritaire aux yeux des participants. Il est à noter que des demandes ont été faites pour permettre l'ajout d'un nouveau canal de distribution qui n'est pas par défaut dans la simulation ERPsim. Cependant, cette option n'est pas couverte par cette étude qui s'intéresse aux éléments déjà en place.

Cependant, l'ajout d'un canal de distribution est un élément pouvant permettre de manipuler la complexité du jeu. De plus, le retrait de certains produits proposés dans le requis R3b ont un *Impact* sur les canaux de distribution. En effet, certains canaux de distribution ne peuvent vendre qu'un certain type de produit. Par conséquent, l'interface individuelle doit permettre d'activer ou de désactiver les canaux de distribution en fonction des produits proposés. De plus, il doit aussi permettre la fermeture ou l'ouverture des canaux de distribution.

R7 : L'interface devra permettre l'ajout ou le retrait de certains canaux de distribution
(R7)

5.1.1.8 Répartition par Région

La variable *Répartition par Région* est abordée par 4 des 8 participants. En ce qui concerne l'aspect *Contrôle*, 3 participants mentionnent leur intérêt d'avoir accès à une option permettant de contrôler cette variable. L'objectif de cette modification est de pouvoir créer des scénarios avec des retournements de situation. Par exemple, les professeurs veulent pouvoir créer une situation où la demande dans une région décroît en raison de l'arrivée de produits de substituts venant d'autres pays. Le participant 2 nous dit qu'il aimerait notamment pouvoir créer un marché dans lequel des produits viendraient d'autres régions, ce qui modifierait la demande dans cette région « *they could be new teams coming from Austria only selling in the South ... a robot team that selling on the South and changing the demand* ». Cette idée peut être aussi manipulée en contrôlant la variable *Taille du Marché*, que nous évoquerons dans la section suivante. De son côté, le participant 6 émet des objections. Il ne voit que peu d'intérêts à manipuler la variable *Répartition par Région* au sein de son cours d'introduction.

La variable *Répartition par Région* intéresse un plus grand nombre de participants que la *répartition par Canaux de Distribution*. Cependant, cette variable semble être mise constamment en relation avec la variable *Taille du Marché*. En effet, il est évoqué plusieurs fois l'idée de faire baisser la demande pour une région plutôt que de modifier la répartition des ventes entre les

régions. Par conséquent, *la Répartition par Région* doit permettre de faire varier la taille des ventes dans une région.

R8 : L'interface devra permettre de moduler la Répartition par Région des ventes tout en prenant en considération la Taille du Marché (R8)

5.1.1.9 Taille du Marché

La variable *Taille du Marché* est mentionnée par 3 des 8 participants. En ce qui concerne l'aspect *Contrôle*, ces 3 participants sont favorables à la possibilité de contrôler cette variable. En particulier, le participant 3 fait remarquer qu'il pourrait être particulièrement intéressant de voir comment les étudiants réagiraient en cas de modification du marché. « *the more I think about it, the more I think it would be kind of neat to see how the students might react if the market itself changes in size, if they are twice many hypermarkets as they were at the previous round/game* ». Il ajoute « *how they respond to that demand given their existing constraint they have* ».

La variable *Taille du Marché* semble être intéressante pour manipuler la complexité du jeu sérieux ERPsim. Cependant, dans l'esprit des participants, elle semble liée aux variables *Répartition par Région* et *Répartition par Canaux de Distribution*. À cet effet, les participants précisent que c'est le pouvoir d'achat d'un canal de distribution (p.ex., hypermarchés) qui augmente et non le pouvoir d'achat total du marché. Ainsi, les variables *Tailles du Marché* et *Répartition par Canaux de Distribution* doivent être présentées ensemble afin d'aider les professeurs à créer leurs marchés. Ainsi, la solution doit avoir un outil permettant de modifier la *Taille du Marché*.

R9 : L'interface devra permettre de modifier la Taille du Marché (R9)

5.1.1.10 Jeu

La variable *Jeu* est évoquée par les 8 participants. Cette variable sera analysée selon les aspects *Difficulté*, *Préconstruits*, *Objectif Pédagogique*, *Engagement* et *Affichage*.

L'aspect *Difficulté* est mentionné par 5 participants, dont 4 qui souhaitent pouvoir la manipuler afin de la faire diminuer. On peut notamment citer le participant 7 qui dit « *Anything that you can do to reduce the complexity* ». En plus de cela, 7 des 8 participants indiquent vouloir contrôler au moins une variable afin de moduler la complexité du jeu sérieux. Au vu de ces deux résultats, nous pouvons suggérer que la proposition P3 « *La possibilité de moduler la complexité du jeu sérieux* »

à la zone proximale de développement des étudiants accroît l'utilité perçue par le professeur » est supportée.

L'aspect *Préconstruits* est cité par 7 participants. Concernant cet aspect, 6 d'entre eux souhaitent avoir des scénarios préconstruits. De plus, ils veulent que ces scénarios disposent de différents niveaux de difficulté. Par exemple, le participant 5 déclare « *It would be interesting to have three sets of scenarios, the easy set, the medium set and the challenging set, and in each set, you have multiple options* ».

L'aspect *Objectif Pédagogique* est soulevé par 6 des 8 participants. Ils indiquent que les différents scénarios peuvent permettre d'enseigner plus de concepts et donc d'atteindre de nouveaux objectifs pédagogiques. Le participant 2 dit notamment que « *it will give it [ERPsim game] more longevity, so you could use it in more classes, to teach new pedagogical objectives, like being able to read the market in real time, being able to react to change* ». Ce point, combiné à l'aspect *Préconstruits* nous permet de suggérer que la proposition P2 « *La possibilité d'enseigner plusieurs objectifs pédagogiques avec un même jeu sérieux accroît l'utilité perçue par le professeur* » est supportée.

L'aspect *Engagement* est quant à lui souligné par 2 professeurs. Ces derniers indiquent qu'avoir des scénarios différents peut accroître l'engagement des étudiants. Une explication fournie est qu'après un certain temps, les stratégies des équipes sont stables ainsi que leur classement, ce qui décourage les équipes perdantes. À cet effet, le participant 7 dit que « *it's always been a problem [loss engagement] that I have in round four, I can even imagine going to round 5, because good performing students are OK, but the rest of the class get tired* ».

L'aspect *Affichage* est mentionné à plusieurs reprises en lien avec les scénarios *préconstruits*. En effet, ces scénarios viennent se greffer au besoin de montrer aux étudiants les paramètres du marché (p.ex., *Préférences, Taille du Marché*, etc.). Quatre (4) participants évoquent qu'ils aimeraient montrer les paramètres du marché à leurs étudiants afin de leur expliquer l'état du marché. Tandis que 5 professeurs veulent montrer l'*Impact* du changement d'une variable sur le marché afin de souligner un concept pédagogique. Cette volonté de montrer les paramètres du scénario, évoqué donc par 7 des 8 participants, vient du fait qu'ils ont de la difficulté à comprendre les paramètres du marché et donc à les expliquer aux étudiants. On peut citer le participant 2 qui

dit « *The instructor should be able to know what's going on in all of that market* ». Ces résultats suggèrent que la proposition P1 « *La possibilité de rendre visible des paramètres du jeu sérieux accroît l'utilité perçue par le professeur* » est supportée.

Au vu de l'analyse de la variable *Jeu*, plusieurs requis sont déterminés. Le premier requis est que les ensembles d'interfaces doivent fournir un moyen de visualiser les paramètres du marché avant et après la simulation. L'objectif derrière ce requis est de fournir aux professeurs une connaissance claire et précise du marché, mais aussi d'offrir un cadre de discussion avec ses étudiants après la simulation.

R10 : L'interface doit montrer les paramètres du marché (R10)

Le deuxième requis est que la solution doit inclure plusieurs scénarios préconstruits avec différents niveaux de difficulté et objectifs pédagogiques. De plus, un système de classification permettant de les identifier rapidement doit être ajouté pour permettre aux professeurs de trouver des scénarios correspondant à leurs besoins.

R11 : L'interface doit offrir plusieurs scénarios préconstruits (R11a) et disposer d'un système de classement (R11b)

5.1.1.11 Synthèse

Suite à l'analyse des entrevues, il ressort que la solution proposée afin de moduler le jeu sérieux doit répondre à 11 requis. Ces requis sont priorisés selon l'importance que les participants leur ont accordée et selon l'importance de la variable correspondante dans le jeu sérieux.

Requis	Itération de développement	Justification
L'interface devra permettre de comprendre le fonctionnement de la variable <i>Marketing</i> (R1a) ainsi que d'autoriser sa modification (R1b)	Itération 1	Variable grandement citée par les participants comme n'ayant pas d' <i>Impact</i>
L'interface devra permettre de modifier les <i>Nouvelles</i> (R2a) et devra offrir une option permettant de générer	Itération 2	Variable grandement citée par les participants comme n'ayant pas d' <i>Impact</i> ni d'utilité. Cependant, elle

Requis	Itération de développement	Justification
automatiquement des <i>Nouvelles</i> sur l'état du marché (R2b)		permet d'informer sur les variations du <i>Prix des Matières Premières</i> .
L'interface devra permettre de modifier les <i>Préférences</i> (R3a) et devra offrir une option permettant de retirer les produits du marché (R3b)	Itération 1	Variable cruciale, car la présence ou non d'un produit <i>Impact</i> les choix visibles dans les autres variables
L'interface devra permettre de modifier l' <i>Impact</i> de la <i>Qualité</i> (R4)	Itération 2	Variable ayant reçu peu d'intérêt de la part des participants
L'interface devra permettre de modifier l' <i>Impact</i> du <i>Prix de Vente</i> (R5)	Itération 1	Variable ayant un <i>Impact</i> trop important et devant être baissée afin de permettre d'augmenter l' <i>Impact</i> des autres variables
L'interface devra permettre de modifier le <i>Prix des Matières Premières</i> (R6)	Itération 2	Variable peu citée par les participants
L'interface devra permettre l'ajout ou le retrait de certains canaux de distribution (R7)	Itération 2	Variable peu citée par les participants
L'interface devra permettre de moduler la <i>Répartition par Région</i> des ventes tout en prenant en considération la <i>Taille du Marché</i> (R8)	Itération 1	Variable peu citée, mais permettant de tester une représentation qui sera reprise pour la <i>Répartition par Canaux de Distribution</i>
L'interface devra permettre de modifier la <i>Taille du Marché</i> (R9)	Itération 1	Variable peu citée, mais étant importante, car impactant la <i>Répartition par Région</i> et par canaux de distribution
L'interface doit montrer les paramètres du marché (R10)	Itération 1	Variable citée comme importante pour améliorer la compréhension et

Requis	Itération de développement	Justification
		l'atteinte des objectifs pédagogiques
L'interface doit offrir plusieurs scénarios préconstruits (R11a) et disposer d'un système de classement (R11b)	Itération 2	Variable importante, mais nécessitant la création des autres variables avant de permettre la possibilité d'implanter des scénarios préconstruits

Tableau 5 Ensemble des requis

5.1.2 Création de l'interface

À la suite de la détermination et de la priorisation des requis (tab. 5), plusieurs croquis sont créés sur papier. Ces croquis ont pour objectifs d'expérimenter des idées sur la façon de matérialiser les requis au sein de différents ensembles interfaces. Chaque ensemble d'interfaces correspond à un regroupement de plusieurs interfaces individuelles ayant des caractéristiques communes.

Durant cette itération, nous nous sommes fixés comme règle de rester dans la charte graphique actuelle d'ERPsim. Ainsi que de nous concentrer sur les fonctionnalités au détriment de l'esthétisme. Cette règle nous permet aussi de nous assurer de ne tester que la matérialisation fonctionnelle des requis au sein des différentes interfaces individuelles et non la charte graphique. En effet, l'esthétisme est testé lors de la troisième collecte de données.

La matérialisation des différentes interfaces individuelles d'ERPsim se base sur les requis identifiés et priorisés dans la section précédente. À cet effet, nous avons sélectionné un outil technologique adéquat pour mettre en œuvre ces requis fonctionnels. Ainsi, dans un premier temps l'idée de développer les ensembles d'interfaces en HTML, CSS et JavaScript a été envisagée. Cependant, le faible temps disponible entre la première et la deuxième collecte ne permettait pas au chercheur d'apprendre ces langages. Par conséquent, il a été convenu d'utiliser le logiciel de prototypage *Axure RP 9*. Ce choix se justifie par trois grandes raisons :

- 1) Ce logiciel offre un système de création en Glisser-Déposer qui permet de s'affranchir de l'apprentissage du HTML et CSS.
- 2) Ce logiciel offre un outil permettant de créer des interactions et des conditions entre les différents éléments (p.ex. champs, graphiques, etc.) présents dans le prototype. Cette fonctionnalité permet de remplacer JavaScript pour des interactions et logiques simples.
- 3) Ce logiciel offre un système de partage en infonuagique qui permettra de tester le prototype à distance sans avoir à demander aux participants d'installer des programmes sur leur poste de travail.

Une fois les croquis (papier) complétés et le choix du logiciel effectué, les créations des interfaces individuelles ont été entamées. Cette activité s'est déroulée en plusieurs itérations afin de pouvoir tester plusieurs prototypes, permettant de tester trois alternatives de présentation graphique :

- 1) Utilisation de graphiques ou de tableaux pour déterminer quelle forme convient le mieux pour la présentation des paramètres du marché.
- 2) Présentation sur une ou plusieurs pages des paramètres du marché pour comprendre l'impact d'une telle séparation.
- 3) Le blocage ou non des champs non pertinents pour voir si cela offre une plus grande flexibilité aux professeurs.

5.1.2.1 Formes des interfaces

Sur la base de ces croquis et en utilisant le logiciel *Axure RP 9*, une première itération de développement des interfaces individuelles est effectuée. Cette première itération a pour objectif de tester plusieurs idées de conception possibles, afin d'orienter la deuxième itération vers l'aspect esthétique. Les interfaces individuelles ainsi construites sont divisées en 4 ensembles d'interfaces :

- 1) Les ensembles d'interfaces sur plusieurs pages avec des champs bloqués ;
- 2) Les ensembles d'interfaces sur plusieurs pages avec des champs non bloqués ;
- 3) Les ensembles d'interfaces sur une page avec des champs non bloqués ;

4) Les ensembles d'interfaces sur une page avec des champs bloqués.

Dans un premier temps l'ensemble des interfaces sur plusieurs pages avec des champs non bloqués sont créées.

Le premier objectif est de créer le gabarit général (fig. 7) de cet ensemble d'interfaces sur plusieurs pages avec des champs non bloqués. Dans ce gabarit, on retrouve en haut une barre de progression indiquant au participant le nombre d'étapes effectuées et le nombre d'étapes restantes. Le code de couleur suivant est utilisé :

- Vert : Étape effectuée ;
- Bleu : Étape en cours ;
- Gris : Étape restante.

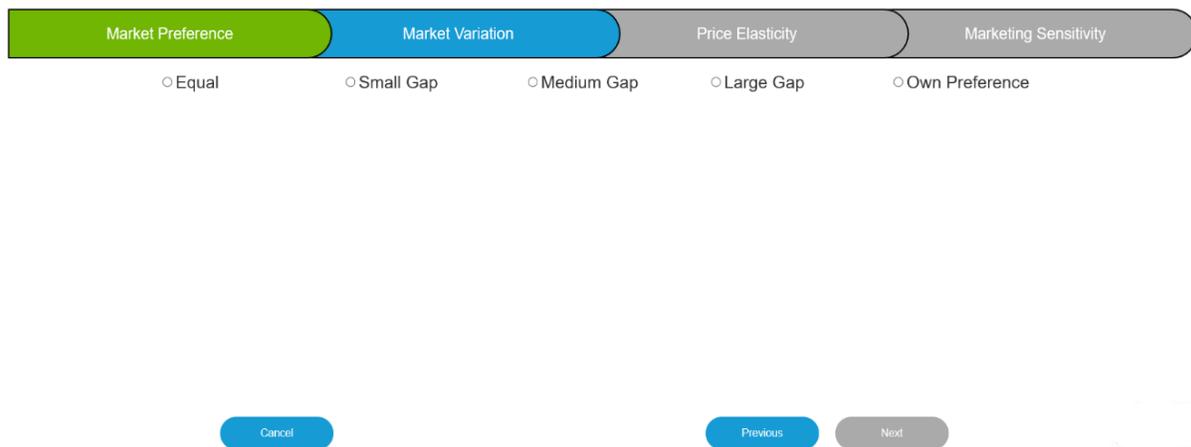


Figure 7 Gabarit interface individuelle sur plusieurs pages/Itération 1

Dans les figures 7 et 8, on voit cinq cases à cocher à choix unique ; quatre de ces cases sont *Equal*, *Small Gap*, *Medium Gap* et *Large Gap* et donnent accès à des exemples préconstruits avec des variations graduelles des paramètres (p.ex. Voir fig. 8, *Market variation*, section bleue). Ces exemples ont pour objectif de répondre à la règle de l'indication en montrant le format de réponse attendu (Scapin et Bastien, 1997). De plus, ils ont comme second but de mitiger l'effet de la charge cognitive avec des exemples de travail (Sweller, Merriënboer et Paas, 2019).

Equal
 Small Gap
 Medium Gap
 Large Gap
 Own Preference

Variation per round

	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5	Round 6	Round 7	Round 8	Round 9	Round 10	Round 11	Round 12
Variation	0%	10%	0%	0%	10%	0%	0%	-15%	0%	0%	-15%	0%
Total	100%	110%	110%	110%	120%	120%	120%	105%	105%	105%	90%	90%

Breakdown by region

Each column represents the distribution of sales by round. Therefore, each column must be equal to 100%

	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5	Round 6	Round 7	Round 8	Round 9	Round 10	Round 11	Round 12
North (30%)	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
South (40%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
West (30%)	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Figure 8 Exemples préconstruits/plusieurs pages/Itération 1

La cinquième case à cocher à choix unique, *Own Preference*, permet au participant d'inscrire les paramètres de leur choix (fig. 9).

Equal
 Small Gap
 Medium Gap
 Large Gap
 Own Preference

Variation per round

	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5	Round 6	Round 7	Round 8	Round 9	Round 10	Round 11	Round 12
Variation												
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Breakdown by region

Each column represents the distribution of sales by round. Therefore, each column must be equal to 100%

	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5	Round 6	Round 7	Round 8	Round 9	Round 10	Round 11	Round 12
North (30%)												
South (40%)												
West (30%)												
Total (100%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 9 Market Variation/ Création/ plusieurs pages/ Non bloqués/ Itération 1

5.1.2.1.1 Interfaces de création de marché

Dans ce qui suit, nous allons présenter les interfaces individuelles qui permettent de créer un marché, ces interfaces individuelles sont *Market Preferences*, *Market Variation*, *Price Elasticity* et *Marketing Sensitivity*. Dans un souci de lisibilité, seules les interfaces individuelles correspondantes au choix *Own Preferences* seront montrées.

L'interface individuelle *Market Preferences* (fig. 10) répond au requis « L'interface devra permettre de modifier les *Préférences* (R3a) et devra offrir une option permettant de retirer les produits du marché (R3b) ». L'unité utilisée au sein de ce tableau est une échelle relative de

nombre entiers positifs. Dans la présente recherche, la notion d'échelle relative fait référence à la situation où ce n'est pas la valeur elle-même qui importe, mais plutôt cette valeur par rapport aux autres. Par exemple, en inscrivant la valeur 4 pour le produit A et la valeur 8 pour le produit B, on veut simplement indiquer que la préférence pour le produit B est 2 fois supérieure à celle du produit A. Cette relation aura pu être indiquée en utilisant les valeurs 1 et 2 ou 3 et 6 pour les produits A et B, respectivement.

Figure 10 Market Preference / Création/ Plusieurs pages/ Non Bloqués/ Itération 1

L'interface individuelle *Market variation* (fig. 11) est constituée de deux sections, l'une concernant la variable *Taille du Marché*, l'autre étant dévolue à la *Répartition par Région*. Cette interface individuelle répond aux requis « L'interface devra permettre de modifier la *Taille du Marché* (R9) » et « L'interface devra permettre de moduler la *Répartition par Région* des ventes tout en prenant en considération la *Taille du Marché* (R8) ». Dans cette interface individuelle, le participant peut inscrire dans un premier temps les paramètres de la variation de la *Taille du Marché* (*Variation per round* en pourcentage). Dans un second temps, il peut définir les paramètres

Figure 11 Market Variation/ Création/ Plusieurs pages/ Non bloqués/ Itération 1

de la *Répartition par Région (Breakdown by region)*. Dans cette section, les colonnes sont conceptualisées pour que la somme des pourcentages de chaque région par ronde, soient toujours égales à 100 %. L'idée sous-jacente est que si la colonne vaut moins 100 %, alors une partie des ventes n'est pas attribuée à une région. Ce qui n'est pas cohérent avec l'objectif de la variable *Répartition par Région*.

L'interface individuelle *Price Elasticity* (fig. 12) répond au requis « L'interface devra permettre de modifier l'Impact du *Prix de Vente (R5)* ». Dans cette interface individuelle, le participant peut inscrire dans un tableau les paramètres de l'Impact de la variable *Prix de Vente*. L'intervalle des valeurs acceptées est $] -\infty ; 0 [$. De plus, dans cette interface individuelle, un bouton d'aide est ajouté afin de fournir la définition de l'élasticité des prix au participant.

Price elasticity is a scale from 0 to $-\infty$ where DC 10 is more elastic than DC 12 and DC 12 is more elastic than DC 14

	500g Nut	500g Blueberry	500g Strawberry	500g Raisin	500g Original	500g Mixed	1Kg Nut	1Kg Blueberry	1Kg Strawberry	1Kg Raisin	1Kg Original	1Kg Mixed
DC 10												
DC 12												
DC 14												

Figure 12 Price Elasticity/ Création/ Plusieurs pages/ Non bloqués/ Itération 1

L'interface individuelle *Marketing Sensitivity* (fig. 13) est constituée de deux sections représentant les deux sous variables du *Marketing*, tels qu'identifiés à la Section 4.4.1.2. L'une pour la sous-variable *Investissement*, l'autre pour la sous-variable *Bonus*. Cette interface individuelle répond au requis « L'interface devra permettre de comprendre le fonctionnement de la variable *Marketing (R1a)* ainsi que d'autoriser sa modification (R1b) ». Lors de cette interface individuelle, le participant peut inscrire les paramètres de la sous-variable *Investissement (Minimal Marketing Investment)* qui représente l'investissement minimal que doit faire une équipe pour débloquer le *Bonus*. Dans un deuxième temps, le participant peut remplir les paramètres du *Bonus (Marketing Bonus)* afin de définir sa valeur.

Market Preference
Market Variation
Price Elasticity
Marketing Sensitivity

Very Low
 Low
 Medium
 Large
 Own Preference

Minimal Marketing Investment

Minimal investment in marketing to unlock the marketing bonus

	500g Nut	500g Blueberry	500g Strawberry	500g Raisin	500g Original	500g Mixed	1Kg Nut	1Kg Blueberry	1Kg Strawberry	1Kg Raisin	1Kg Original	1Kg Mixed
(€)												

Marketing Bonus

Additional fees that customers agree to pay (distributed as a percentage of marketing expenses)

	500g Nut	500g Blueberry	500g Strawberry	500g Raisin	500g Original	500g Mixed	1Kg Nut	1Kg Blueberry	1Kg Strawberry	1Kg Raisin	1Kg Original	1Kg Mixed
DC 10												
DC 12												
DC 14												

Cancel
Previous
Next

Figure 13 Market Sensitivity/ Création/ Plusieurs pages/ Non bloqués/ Itération 1

Une fois l'ensemble d'interfaces sur plusieurs pages avec des champs non bloqués créées, nous avons créé l'ensemble d'interfaces sur plusieurs pages avec des champs bloqués. Cet ensemble d'interfaces requière une interface individuelle préliminaire durant laquelle le participant doit sélectionner les produits qu'ils souhaitent modifier (fig. 14), ce qui n'est pas le cas avec les interfaces individuelles vues précédemment.

Market Preference
Market Variation
Price Elasticity
Marketing Sensitivity

Select the products you want

North 1Kg Nut

North 1Kg Blueberry

North 1Kg Raisin

North 1Kg Strawberry

North 1Kg Original

North 1Kg Mixed

North 500g Nut

North 500g Blueberry

North 500g Raisin

North 500g Strawberry

North 500g Original

North 500g Mixed

South 1Kg Nut

South 1Kg Blueberry

South 1Kg Raisin

South 1Kg Strawberry

South 1Kg Original

South 1Kg Mixed

South 500g Nut

South 500g Blueberry

South 500g Raisin

South 500g Strawberry

South 500g Original

South 500g Mixed

West 1Kg Nut

West 1Kg Blueberry

West 1Kg Raisin

West 1Kg Strawberry

West 1Kg Original

West 1Kg Mixed

West 500g Nut

West 500g Blueberry

West 500g Raisin

West 500g Strawberry

West 500g Original

West 500g Mixed

Cancel
Submit

Figure 14 Market Preference selection / Création/ Plusieurs pages/ Bloqués/ Itération 1

Par la suite, il n'est possible d'affecter des valeurs que pour les produits sélectionnés (fig. 15).

	Nut	Blueberry	Raisin	Strawberry	Original	Mixed
North 1KG						
North 500g						
South 1KG						
South 500g						
West 1KG						
West 500g						

Figure 15 Market Preference / Création/ Plusieurs pages/ Bloqués/ Itération 1

De la même manière, il n'est possible de saisir des valeurs que pour les régions ayant au moins un produit disponible (fig. 16). Par exemple, si aucun produit n'est sélectionné pour la région Ouest (fig. 15). Alors il n'est pas possible de modifier la valeur dans variable *Répartition par Région* pour cette région (fig. 16).

Variation per round

	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5	Round 6	Round 7	Round 8	Round 9	Round 10	Round 11	Round 12
Variation												
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Breakdown by region
Each column represents the distribution of sales by round. Therefore, each column must be equal to 100%

	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5	Round 6	Round 7	Round 8	Round 9	Round 10	Round 11	Round 12
North (30%)												
South (40%)												
West (30%)												
Total (100%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 16 Market Variation/ Création/ Plusieurs pages/ Bloqués/ Itération 1

Nous appliquons le même principe pour les interfaces individuelles *Price Elasticity* (fig. 17) et *Marketing sensitivity* (fig. 18).

Price elasticity is a scale from 0 to $-\infty$ where DC 10 is more elastic than DC 12 and DC 12 is more elastic than DC 14

	500g Nut	500g Blueberry	500g Strawberry	500g Raisin	500g Original	500g Mixed	1Kg Nut	1Kg Blueberry	1Kg Strawberry	1Kg Raisin	1Kg Original	1Kg Mixed
DC 10												
DC 12												
DC 14												

Figure 17 Price Elasticity / Création/ Plusieurs pages/ Bloqués/ Itération 1

Minimal Marketing Investment
Minimal investment in marketing to unlock the marketing bonus

	500g Nut	500g Blueberry	500g Strawberry	500g Raisin	500g Original	500g Mixed	1Kg Nut	1Kg Blueberry	1Kg Strawberry	1Kg Raisin	1Kg Original	1Kg Mixed
(€)												

Marketing Bonus
Additional fees that customers agree to pay (distributed as a percentage of marketing expenses)

	500g Nut	500g Blueberry	500g Strawberry	500g Raisin	500g Original	500g Mixed	1Kg Nut	1Kg Blueberry	1Kg Strawberry	1Kg Raisin	1Kg Original	1Kg Mixed
DC 10 (€)												
DC 12 (€)												
DC 14 (€)												

Figure 18 Marketing Sensitivity/ Création/ Plusieurs pages/ Bloqués/ Itération 1

L'ensemble d'interfaces développées sur plusieurs pages a par la suite été adapté pour être affiché sur une page (fig. 19).

HEC MONTRÉAL
ERP SIMULATION GAME

SERVER: SAPM2 CLIENT: 300 [01]
USER: ADMIN1, ADMIN

English v
[Logout](#)

SIMULATION STATUS: **NOT STARTED** READY PREPARING RUNNING FINAL REPORT END OF SIMULATION
[FACULTY DOCUMENTATION](#)
[CHECK LISTS](#)
EXPsimV5_201808_3

Midterm 2015

Market Preference

Equal
 Small Gap
 Medium Gap
 Large Gap
 Own Preference

	Nut	Blueberry	Raisin	Strawberry	Original	Mixed
North 1KG						
North 500g						
South 1KG						
South 500g						
West 1KG						
West 500g						

Market Size

Equal
 Small Gap
 Medium Gap
 Large Gap
 Own Preference

Variation per round

	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5	Round 6	Round 7	Round 8	Round 9	Round 10	Round 11	Round 12
Variation												
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Breakdown by region
Each column represents the distribution of sales by round. Therefore, each column must be equal to 100%

	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5	Round 6	Round 7	Round 8	Round 9	Round 10	Round 11	Round 12
North (30%)												
South (40%)												
West (30%)												
Total (100%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Price Elasticity

Equal
 Small Gap
 Medium Gap
 Large Gap
 Own Preference

Price elasticity is a scale from 0 to ∞ where DC 10 is more elastic than DC 12 and DC 12 is more elastic than DC 14

	500g Nut	500g Blueberry	500g Strawberry	500g Raisin	500g Original	500g Mixed	1Kg Nut	1Kg Blueberry	1Kg Strawberry	1Kg Raisin	1Kg Original	1Kg Mixed
DC 10												
DC 12												
DC 14												

Marketing sensitivity

Very Low
 Low
 Medium
 Large
 Own Preference

Minimal Marketing Investment
Minimal investment in marketing to unlock the marketing bonus

	500g Nut	500g Blueberry	500g Strawberry	500g Raisin	500g Original	500g Mixed	1Kg Nut	1Kg Blueberry	1Kg Strawberry	1Kg Raisin	1Kg Original	1Kg Mixed

Figure 19 Interface/ Création/Une page/ Non bloqués/ Itération 1

5.1.2.1.2 Interfaces d'analyse

La prochaine activité consiste à développer des ensembles d'interfaces permettant l'analyse des paramètres d'un marché. Lors du développement de ces ensembles d'interfaces, nous utilisons le même gabarit que pour les ensembles d'interfaces de création (fig. 7). Les interfaces individuelles d'analyse sont divisées en 4 ensembles d'interfaces :

- 1) Les ensembles d'interfaces sur une page avec des tableaux ;
- 2) Les ensembles d'interfaces sur plusieurs pages avec des tableaux ;

- 3) Les ensembles d'interfaces sur une page avec des graphiques ;
- 4) Les ensembles d'interfaces sur plusieurs pages avec des graphiques.

Les ensembles d'interfaces avec des tableaux sont identiques aux ensembles d'interfaces de création avec des exemples préconstruits. La différence entre ces deux types d'ensembles est que les cases à cocher uniques sont retirées. Ceci est illustré aux figures 20 et 21 qui représentent une interface individuelle de création de scénarios et une interface individuelle d'analyse des paramètres, respectivement.

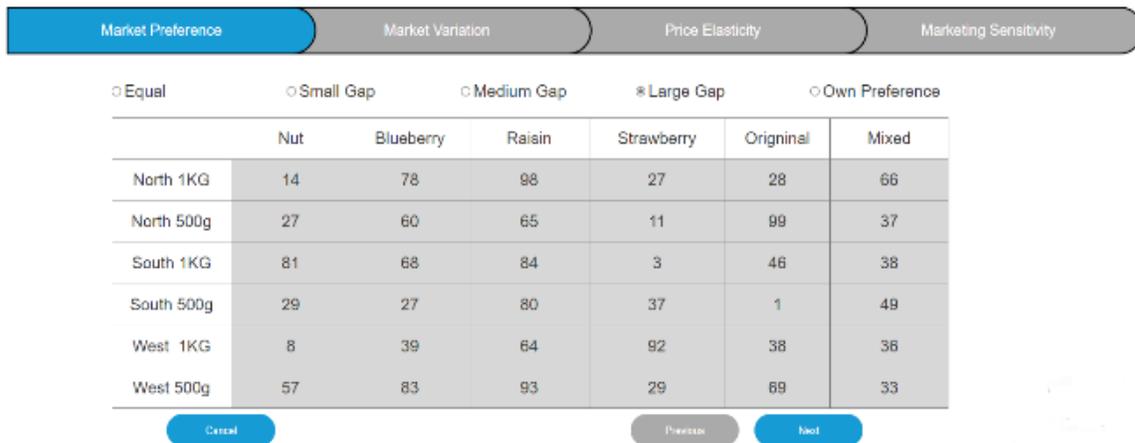


Figure 20 Market Preference / Création/Préconstruits/ Plusieurs pages/ Non bloqués/ Itération 1

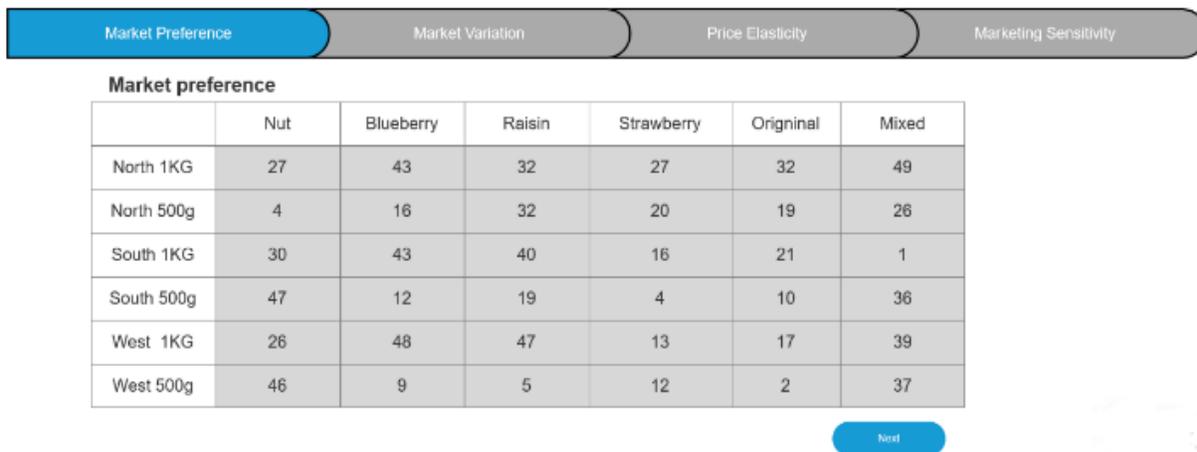


Figure 21 Market Preference / Analyse/ Tableau/ Plusieurs pages/ Itération 1

Nous présentons maintenant les ensembles d'interfaces avec graphiques. L'interface individuelle *Market Preferences* (fig. 22) utilise un graphique avec barres empilées ; chaque partie d'une barre représente la *Préférence* pour un produit dans une région, tandis qu'une barre dans son ensemble représente la *Préférence* totale de ce produit. Ce choix est justifié par le fait que le graphique avec

barres empilées montre facilement le produit ayant la plus forte préférence pour toute région confondue. De plus, il est difficile de représenter 36 barres côte-à-côte (6 saveurs x 2 formats x 3 régions) dans l'espace disponible. Considérant que dans les simulations les plus utilisées dans ERPsim (*Manufacturing Extended et Distribution*), les étudiants peuvent sélectionner les produits qu'ils vont vendre, mais non la région dans laquelle ils vont les vendre, cette représentation a semblé plus adaptée, dans le cadre d'une discussion en classe.



Figure 22 Market Preference / Analyse/ Graphiques/ Plusieurs pages/ Itération 1

À l'instar de l'interface individuelle de création *Market Variation* (fig. 11), celle d'analyse (fig. 23) est divisée en deux sections : *Variation per Round* et *Breakdown by Region*.

Concernant la variable *Taille du Marché (Variation per Round)*, un graphique à barres est choisi pour visualiser les variations ainsi que la taille totale du pouvoir d'achat du marché. Ce choix s'explique par le fait que, d'une part, nous voulons garder une cohérence visuelle entre les différents graphiques présents au sein des interfaces individuelles d'analyse. D'autre part, ce type de graphique représente mieux l'idée que la variation couvre toute la ronde et par conséquent que la variation se fait au début de chaque ronde. Sur ce dernier point, un graphique avec des lignes (fig. 24) aurait pu faire penser que la variation est être appliquée graduellement au cours de la ronde.

Pour l'analyse de la variable *Répartition par Région (Breakdown by Region)*, un graphique à barres empilées est utilisé (fig. 23). Ce type de graphique permet de représenter simultanément la *Répartition par Région* des ventes et la *Taille du Marché*. Cependant, puisque les interfaces

individuelles de création du *Market Variation* requièrent que la somme des valeurs soit égale à 100 %, ce choix n'est donc pas approprié. Cette erreur est corrigée lors de la deuxième itération.



Figure 23 Market Variation/ Analyse/ Graphiques/ Plusieurs pages/ Itération 1

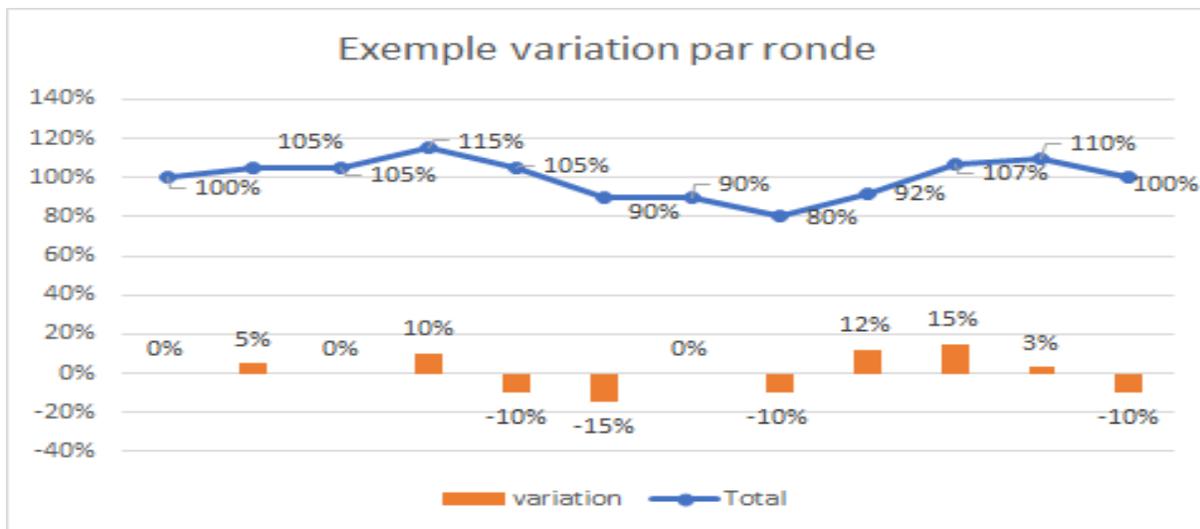


Figure 24 Exemple Market Variation

Pour les interfaces individuelles *Price Elasticity* (fig. 24) et *Marketing Sensitivity* (fig. 26), des graphiques à barres sont utilisés afin de garder une cohérence dans le type de graphique utilisé. On notera par ailleurs que la couleur utilisée pour un produit dans une interface individuelle reste la même sur la deuxième interface individuelle.



Figure 25 Price Elasticity/ Analyse/ Graphiques/ Plusieurs pages/ Itération 1



Figure 26 Marketing Sensitivity/ Analyse/ Graphiques/ Plusieurs pages/ Itération 1

5.2 Itération 2 : Création & Évaluation de l'interface

Cette seconde collecte de données a pour objectif d'explorer les facteurs impactant la perception de l'utilité et de tester les différents ensembles d'interfaces de présentation des paramètres du marché en contexte d'analyse et de création. Ces tests doivent permettre de déterminer si le nombre d'erreurs lors de l'utilisation des ensembles d'interfaces varie selon l'alternative de présentation. Pour répondre à cet objectif, la méthodologie employée est une étude qualitative basée sur des observations de l'utilisation des ensembles d'interfaces créées lors de la première itération. Pour compléter cette information, de courtes entrevues sont effectuées avec chacun des 8 participants à la suite de leur utilisation des ensembles d'interfaces.

5.2.1 Analyse

Le but de cette analyse est de repérer des points de frictions potentiels dans les interfaces individuelles ainsi que dans les ensembles d'interfaces. Cela afin de les atténuer dans la deuxième itération de développement. Pour réaliser cette analyse, nous utilisons les variables de la grille de codification utilisées précédemment (tab. 3) et ajoutons les variables de la grille de codification contextuelle (tab. 4). Cette analyse est découpée en 5 parties, les quatre premières correspondent aux interfaces individuelles *Market Preferences*, *Market Variation*, *Price Elasticity* et *Marketing Sensitivity* tandis que la dernière porte sur les commentaires des participants. Ce choix est fait afin de faciliter la comparaison entre les différents ensembles pour une même interface individuelle.

5.2.1.1 Market Preferences

La première interface individuelle présentée au participant est toujours celle de *Market Preferences* en lien avec la variable *Préférence*, que la tâche soit de création ou d'analyse. Lors des tâches de création, le participant est soit confronté à une interface individuelle avec des champs bloqués ou des champs non bloqués. Au cours de ces tests, nous notons plusieurs erreurs commises par les participants.

On constate que 2 participants ont commis 3 erreurs sur les interfaces individuelles où les champs sont bloqués. Deux (2) de ces erreurs correspondent au fait que les participants sélectionnent plus d'articles que ce qui est demandé dans la tâche. La troisième erreur est commise lors de l'inscription des *Préférences*, le participant 2 n'ayant pas inscrit la valeur demandée.

Dans le cas où les participants ont des interfaces individuelles où tous les champs sont non bloqués, on note 3 erreurs et un abandon. Ces erreurs surviennent au moment où les participants saisissent des valeurs pour les *Préférences*. À ce moment, les participants inscrivent des valeurs erronées pour les *Préférences*. En ce qui concerne l'abandon, le participant 1 préfère arrêter la tâche de cette interface individuelle et passer à la suivante, car il ne comprend pas comment faire la tâche.

Concernant l'interface individuelle dans laquelle les participants doivent sélectionner les produits avec lesquels ils veulent interagir (fig. 15), plusieurs problèmes de conception sont identifiés par les participants. Premièrement, les participants n'apprécient pas le fait de devoir cliquer sur chaque produit pour les sélectionner et les désélectionner. Ils indiquent qu'ils préféreraient avoir un système de sélection rapide. De plus, des commentaires sont faits par le participant 6 sur la taille des cases qu'il juge trop petite pour être bien vu. Cette dernière remarque peut être mise en relation avec un autre problème observé sur un participant. Ce participant souffrant de tremblements, il a eu des difficultés à sélectionner les différents produits.

Concernant les aspects communs des interfaces individuelles de création du *Market Preferences*. Les participants ont accès à 4 cases sélectionnables, trois d'entre elles permettant d'afficher des marchés déjà créés afin de fournir un exemple et la quatrième permettant de créer son propre scénario. Lors de cette tâche, plusieurs participants ont de la difficulté à trouver comment atteindre la création des *Préférences*. De plus, seulement trois participants utilisent au moins une fois les exemples préconstruits pour les aider dans leur tâche.

5.2.1.2 Market Variation

Après que les participants aient utilisé les interfaces individuelles de création du *Market Preferences*, ils sont ensuite invités à faire la tâche de création des variations du marché. Cette tâche doit être effectuée sur les interfaces individuelles *Market Variation* qui sont constituées d'une section *Taille du Marché (Variation per Round)* et une section *Répartition par région des ventes (Breakdown by Region)*.

Au niveau de la section dévolue à la *Taille du Marché*, nous constatons que 5 participants ont commis au moins une erreur. La tâche demandée est de faire croître la *Taille du Marché* de X % tous les 5 rondes ; plusieurs participants ont soit inscrit des valeurs différentes de X %, soit ont fait

croître le marché de X % à chaque ronde. Deux (2) participants ont fait remarquer qu'ils ne comprennent pas ce que représentent la *Taille du Marché* au sein du jeu ERPsim.

Au moment de modifier la variable *Répartition par Région*, 3 participants ont commis au moins une erreur, ces erreurs pouvant être d'oublier de retirer une région pendant un certain nombre de rondes ou alors de ne pas s'assurer que le total de la répartition fasse 100 %. Au-delà des erreurs, un important problème UX est identifié par les participants. En effet, lorsque ceux-ci doivent créer la *Répartition par Région*, l'interface individuelle leur demande de rentrer chacune des valeurs manuellement. Par conséquent 6 participants sur 8 demandent l'intégration d'une fonction de remplissage automatique afin de faciliter cette étape lors de la création.

5.2.1.3 Price Elasticity

Une fois les tâches sur interfaces individuelles du *Market Variation* faites, les participants doivent utiliser les interfaces individuelles du *Price Elasticity*. Lors de cette tâche, 7 participants ont commis au moins une erreur. Ces erreurs incluent :

- 1) *Des valeurs incohérentes avec celles qui auraient dû être présentes dans le canal de distribution.* Cette erreur se produit en dépit de la présence d'un bouton d'aide. En effet, 6 participants inscrivent des valeurs dans des canaux de distribution où les produits ne sont pas en vente. De plus, 3 participants inscrivent également des valeurs pour des produits qu'ils ne souhaitent pas vendre. De plus, ils inscrivent des valeurs de sensibilité élevée pour des canaux de distribution qui doivent en avoir des faibles et inversement. Par conséquent, lors de cette tâche, les participants doivent faire un effort intellectuel supplémentaire, car ils doivent déterminer une valeur pour un élément qui ne doit pas en avoir.
- 2) *Des erreurs de signe.* L'élasticité aux prix (utilisé ici pour représenter l'*Impact* du *Prix de Vente*) est une unité négative, cependant, deux participants ont inversé les valeurs, les rendant positives. Cela aurait eu pour conséquence de faire que plus un produit aurait été vendu cher, plus celui-ci aurait été acheté en forte quantité, ce qui irait à l'opposé du réalisme voulu dans au sein de la simulation. Nous remarquons que 3 participants inscrivent la valeur de 0 alors que l'échelle fournit représentant la variable de l'*Impact* du *Prix de Vente* allait de $-\infty$ à 0 (exclus). En effet, si la valeur 0 est saisie, cela indique que le prix n'est plus pris en compte lors de la décision d'achat du produit. Il est à noter que le

participant 1 abandonne la tâche, car il n'arrive pas à comprendre le fonctionnement de cette interface individuelle.

Afin de pouvoir aider les participants lors de cette tâche, ceux-ci ont la possibilité d'accéder aux exemples préconstruits ou d'utiliser un bouton d'aide expliquant la théorie de l'élasticité aux prix. Dans cette interface individuelle, 4 participants utilisent l'aide, 1 participant regarde les exemples préconstruits et 1 participant utilise à la fois les exemples préconstruits et l'aide. Ainsi au total, 6 participants utilisent une aide sous une forme ou sous une autre. De plus, on constate que sur les 6 participants ayant recours à une forme d'aide, 3 d'entre eux l'utilisent au moins 2 fois lorsqu'ils sont de nouveau confrontés à une interface individuelle de *Price Elasticity*.

5.2.1.4 Marketing Sensitivity

Les dernières interfaces individuelles dans lesquelles les participants doivent faire une tâche sont celles du *Marketing Sensitivity*. Ces interfaces individuelles sont constituées d'une section liée à la sous-variable *Investissement (Minimal Marketing Investment)* et une section pour la sous-variable *Bonus (Marketing Bonus)*.

Au cours de cette tâche, on s'aperçoit que lorsque les interfaces individuelles ont des champs bloqués, seulement 2 participants commettent au moins une erreur. À l'opposé lorsque les participants sont confrontés à des interfaces individuelles avec des champs non bloqués, ceux-ci sont deux fois plus nombreux (4) à commettre au moins une faute.

Par ailleurs, la nature des erreurs semble être différente entre les deux situations. En effet, lorsque les interfaces individuelles ne présentent que les produits que les participants ont sélectionnés, les erreurs se situent seulement au niveau de l'*Investissement*. À l'opposé, lorsque les participants interagissent avec des interfaces individuelles avec des champs non bloqués, les erreurs sont alors commises à la fois dans l'*Investissement* et dans les *Bonus*, les participants mettent un *Bonus* dans les canaux de distribution où les produits ne sont pas vendus.

Nous constatons deux autres problématiques. Premièrement, certains participants veulent que la durée de l'effet du *Marketing* soit inscrite, ces participants ne savent pas si l'*Investissement* représente l'*Investissement* par jour, période ou ronde. Deuxièmement, 2 participants ne

comprennent pas ce que représente cet *Investment*, ces participants ne parviennent pas à rattacher cette variable à un élément concret utilisé dans la simulation.

5.2.1.5 Commentaires des participants

Lors des entretiens qui suivent les expérimentations (phase 4 de la méthodologie : « Post-session questions »), les participants évoquent plusieurs éléments. Un premier élément évoqué est l'importance des exemples préconstruits. Cet élément est mentionné par 4 participants. Deux (2) participants expriment le souhait de laisser le simulateur fournir des valeurs initiales et d'avoir ensuite l'opportunité de modifier ces valeurs. Tandis que 2 autres participants indiquent qu'ils veulent les exemples préconstruits, sans les modifier. Ces participants pensent que la présence d'exemples préconstruits est un facteur déterminant de l'adoption de l'artefact (l'ensemble d'interfaces) développé.

Un deuxième élément évoqué par le participant 6 est la mise en place d'alertes en cas de valeurs extrêmes. Celui-ci explique que le simulateur doit prévenir les utilisateurs que leurs données sortent fortement du cadre normal de la simulation et que cela peut provoquer des scénarios incohérents. L'exemple utilisé est que si la *Taille du Marché* est trop grande, alors les produits risquent d'être achetés instantanément sans prendre en compte le prix de vente.

Un troisième point est évoqué par le participant 7. Il s'agit de l'adaptation des ensembles d'interfaces aux personnes daltoniennes. En effet, ce participant explique qu'il a rencontré des difficultés lors de la lecture des graphiques, car il ne parvient pas à différencier les couleurs utilisées.

À la fin des entretiens, les participants doivent classer les ensembles d'interfaces en fonction de leur préférence. Pour les ensembles d'interfaces d'analyse de marché, une tendance se dessine en faveur des ensembles d'interfaces avec des graphiques plutôt que celles avec des tableaux. En revanche, il n'y a pas de consensus quant à l'utilisation des ensembles d'interfaces à une ou plusieurs pages. En effet, 4 participants classent les ensembles d'interfaces avec graphique sur une page en première position, tandis que 3 participants classent les ensembles d'interfaces avec graphiques sur des pages séparées en premier. Enfin, 1 participant n'a pas exprimé de préférence.

En ce qui touche aux ensembles d'interfaces de création, une préférence nette se dessine pour les ensembles d'interfaces avec des champs bloqués, cela indépendamment du fait qu'elles soient sur une ou plusieurs pages. Six (6) des huit (8) participants se montrent plus favorables à ces ensembles d'interfaces, car elles diminuent, selon eux, les risques d'erreurs. Ils justifient la diminution du risque d'erreur par le fait de ne pas avoir à retenir les informations entre plusieurs interfaces individuelles de saisies ainsi que par la diminution du nombre de champs à remplir. Ces résultats nous suggèrent que la proposition P5 « *La mise en place d'outils diminuant les erreurs lors de l'adaptation d'un scénario accroît la facilité d'utilisation perçue par le professeur* » est supportée.

5.2.2 Résultat

À la suite de l'analyse faite ci-dessus, plusieurs modifications doivent être apportées aux interfaces individuelles. Nous présentons ici en détail ces changements. Les autres ajouts prévus initialement pour être intégrés lors de la deuxième itération (tab. 5) seront détaillés dans la partie dédiée au développement. Ces résultats sont découpés en 5 parties, la première partie porte sur les modifications générales des interfaces individuelles tandis que les 4 autres correspondent aux spécificités de chaque interface individuelle *Market Preferences*, *Market Variation*, *Price Elasticity* et *Marketing Sensitivity*.

5.2.2.1 Interface

À la lumière des commentaires et observations qui ont été fait suite à la deuxième collecte de données, des changements ont été apportés à la structure générale des ensembles d'interfaces.

Premièrement, tous les ensembles d'interfaces sont maintenant dotés de champs bloquant automatiquement les options (Produit, Canaux de distribution, Région, Sensibilité aux Prix, Sensibilité aux Marketings) qui ne sont plus disponibles. Cette indisponibilité est générée à la suite de la désélection dans les interfaces individuelles *Market Preferences* d'un produit, format ou région. Par exemple, si le produit 500g Strawberry est désactivé alors aucune sensibilité aux prix ne pourra lui être appliquée. Par extension, si tous les produits d'une région ou d'un format²² sont désactivés alors les régions où les canaux de distribution correspondants seront également

²² Certains canaux de distribution ne vendent que des produits sous un format 1KG ou 500 g

désactivés. L'ajout de ces logiques doit faciliter la création des scénarios en permettant aux professeurs de ne s'intéresser qu'aux variables qui sont disponibles dans le scénario créé.

Deuxièmement, chaque interface individuelle permettant de modifier les variables (*Marketing, Nouvelles, Préférences, Prix de vente, Prix des Matières Premières, Qualité, Répartition par Canaux de Distribution, Répartition par Région, Taille du Marché*) est maintenant dotée, en plus d'un système pour entrer les données, d'un graphique. Ce graphique permet de voir la valeur des données saisies et doit faciliter la lecture et le contrôle des données lors de la création des scénarios. De plus, des indications quant aux valeurs limites des variables de configurations sont ajoutées dans les graphiques. L'ajout de ces options doit permettre d'indiquer rapidement aux professeurs si les valeurs saisies sont dans les limites des règles de la simulation ou sont des valeurs aberrantes.

Troisièmement, les exemples préconstruits dans les interfaces individuelles de créations sont supprimés et l'exemple *Equal* (correspondant à un scénario neutre où toutes les valeurs sont identiques) est intégré directement dans les champs d'entrées de valeurs. En effet, des données étant aux préalables inscrits dans les champs, cela donne une indication aux utilisateurs sur le format de réponse comme recommandé par Scapin et Bastien (1997). De plus, des boutons permettant de générer des valeurs sont ajoutés à chaque interface individuelle. Ces boutons offrent la possibilité de créer des scénarios avec trois niveaux de variabilités allant d'une faible à une forte variabilité.

Enfin, un bouton d'aide est ajouté dans chaque interface individuelle afin de fournir une définition de la variable à saisir ainsi que son intervalle.

5.2.2.2 Market Preferences

Dans l'interface individuelle *Market Preferences*, deux modifications sont nécessaires.

Premièrement, l'interface individuelle de sélection des produits *Market Preferences Selection* (fig. 14) est fusionnée avec l'interface individuelle de création *Market Preferences* (fig. 15). Par conséquent, les utilisateurs peuvent directement sélectionner et désélectionner les produits. Cet ajout permet de diminuer le nombre d'interfaces individuelles tout en offrant une plus grande liberté de modification des *Préférences*. De plus, à la suite des demandes des participants, un système d'ajout et de retrait rapide par région (North, South, West), par format (500 g, 1 kg) et par

variété (Nut, Blueberry, Strawberry, Raisin, Original, Mixed) est ajouté afin de pouvoir rapidement modifier la liste des produits disponibles ou non. La combinaison de ces filtres et l'ajout de graphiques dans les interfaces individuelles *Market Preferences* permet aux professeurs de rapidement voir l'état du marché et ses disparités.

Deuxièmement, les tailles des textes et des cases à cocher sont agrandies afin de permettre une meilleure lisibilité et de faciliter l'ajout et le retrait de *Préférences*. En effet, certains participants avaient rencontré des difficultés en raison à la taille trop petite des textes et des cases à cocher.

5.2.2.3 Market Variation

Les interfaces individuelles *Market Variation* sont aussi modifiées afin de répondre aux problèmes identifiés par les participants.

5.2.2.3.1 Taille du Marché

Un des problèmes rencontrés dans les interfaces individuelles *Market Variation* est que les participants ont tendance à saisir trop fréquemment des augmentations. Ces augmentations fréquentes ont pour conséquence que la *Taille du Marché* peut sortir du cadre prévu pour le bon fonctionnement de la simulation. Afin de résoudre cela, le graphique lié à la *Taille du Marché* est arbitrairement limité à 200 % de sorte que si la valeur totale du marché dépasse cette valeur, alors les barres du graphique débordent du graphique et alertent ainsi le professeur de son erreur. De plus, des lignes rouges sont placées sur le graphique à 50 et 180 % pour indiquer aux participants que la *Taille du Marché* s'éloigne trop des valeurs normales prévues.

5.2.2.3.2 Répartition par Région

Deux problèmes sont identifiés dans l'interface individuelle pour modifier la variable *Répartition par Région*. Premièrement, les participants doivent entrer chaque valeur manuellement ce qui provoque beaucoup de frustration. Deuxièmement, les participants oublient parfois que la répartition doit être égale à 100 % au risque de voir des ventes ne pas être effectuées.

Afin de résoudre ces problèmes, un système de remplissage automatique est intégré ainsi qu'une alerte en cas de non-respect de la règle des 100 % pour la *Répartition par Région*. De plus, ce système de contrôle, couplé aux mécanismes de sélection de produits, permet automatiquement fermer les régions ou les canaux de distribution n'ayant pas de produits en vente.

5.2.2.4 Price Elasticity

Les interfaces individuelles *Price Elasticity* sont considérées comme les plus difficiles selon les participants. Cette difficulté vient principalement de l'échelle utilisée pour calculer cette valeur, allant de moins l'infini à zéro, exclusivement. On ajoute à cela qu'il peut être compliqué pour un participant ayant peu d'expérience en marketing ou en économie de comprendre le concept d'élasticité du prix, concept utilisé dans l'interface individuelle de la sensibilité aux prix.

Pour répondre à toutes ces problématiques, nous optons pour l'utilisation d'une échelle relative allant de 0 à 10. Cette échelle devenant positive, son utilisation en est facilitée, car elle permet de limiter les erreurs de signes qui peuvent provoquer des problèmes de cohérences. De plus, en limitant les valeurs entre 0 et 10, les professeurs ont une plus grande assurance que la valeur maximale est toujours incluse dans un intervalle raisonnable pour ERPsim. Finalement, le graphique utilisé pour visualiser cette variable affichera des lignes afin de délimiter les sensibilités de prix raisonnables au sein de chaque canal de distribution.

5.2.2.5 Marketing Sensitivity

Deux problèmes principaux sont identifiés concernant les interfaces individuelles *Marketing Sensitivity*. Premièrement, lorsque l'interface individuelle ne dispose pas de champ bloquant, on observe que les participants inscrivent des valeurs dans des canaux de distribution non adaptés. Les interfaces individuelles *Marketing Sensitivity* développées lors des prochaines itérations seront ainsi dotées de champs bloquant afin de résoudre ce problème.

Deuxièmement, il y a un travail à accomplir sur la terminologie utilisée (termes et définitions). En effet, il semble que le terme *Minimal Marketing Investment* qui représente *l'Investissement* est difficile à comprendre pour les participants. Cette expression est utilisée, car elle correspond au terme utilisé dans la documentation interne d'ERPsim. Cependant, considérant les incompréhensions observées, ce terme est remplacé par *Investment Needed*. Enfin, une aide est ajoutée afin de fournir les explications demandées par les participants, plus spécifiquement la signification des termes et de l'information sur le temps d'effet du *Marketing*.

5.2.3 Modification de l'interface

À la suite de l'analyse des données de la deuxième collecte, plusieurs modifications sont appliquées afin de faciliter l'utilisation des interfaces individuelles. La refonte des interfaces individuelles s'effectue grâce à une méthodologie en trois phases que sont la *conception*, la *création* et l'*optimisation*.

La phase de *conception* commence par l'analyse des points positifs et négatifs soulevés pendant la deuxième collecte (sect. 5.2.1). Une fois ces points identifiés, nous nous intéressons à comment mitiger les points négatifs (sect. 5.2.2). Nous travaillons ensuite sur l'ajout des requis qui n'avaient pas été intégrés lors de la première itération de création. Leur conception et intégration sera explicitée lors de la présentation des nouveaux ensembles d'interfaces.

L'étape suivante de la phase de conception consiste en l'identification de toutes les interactions entre les variables. L'objectif ici est d'identifier les champs dont l'activation dépend de l'activation d'autres champs. Il était clair lors de la deuxième collecte que le fait de ne pas bloquer les champs de façon dynamique engendrait des erreurs. Cette identification des interactions nous permet de dresser la liste des conditions qui doivent être créées ainsi que leur conséquence (p. ex., si tous les produits de format 1 kg sont désactivés alors désactivez le canal de distribution 10).

Lors de la phase de *création*, nous décidons de créer un nouveau projet dans le logiciel *Axure RP 9* plutôt que de modifier le projet existant. Ce choix se justifie par la lourdeur de la version précédente (p. ex., tableau présent trois fois les uns sous les autres) ; nous jugeons qu'il est plus long et ardu de modifier et d'optimiser l'ancienne version que de recommencer de zéro.

Dans ce nouveau projet, les interfaces individuelles permettant de modifier chaque variable sont créées en plusieurs variantes afin que nous puissions choisir le visuel le mieux adapté. Ainsi, une fois un design finalisé, l'interface individuelle est modifiée de manière itérative afin de lui rajouter plusieurs options. Ces options seront détaillées lors de la présentation des nouveaux ensembles d'interfaces. Chaque option ainsi créée fait l'objet d'un test unitaire afin de s'assurer de son bon fonctionnement. Au besoin, des tests d'intégration sont réalisés lorsqu'une modification touche les liens entre les options ou les interfaces individuelles. Cette précaution est prise afin d'éviter des problèmes d'intégration plus tard.

Le but de la phase d'*optimisation* est de s'assurer que les interfaces individuelles répondent rapidement à une action du participant, comme le recommande la littérature (Scapin et Bastien, 1997). Lors de cet exercice, nous constatons des problèmes de performance importants. Au cœur de ces problèmes se trouve le très grand nombre d'interactions entre les variables. En effet, à chaque fois qu'un produit est ajouté ou retiré, le système doit effectuer plusieurs vérifications :

1. Vérifier si le produit est encore en vente dans d'autres régions sous le même format.
2. Vérifier si des produits sont encore en vente dans le même format
3. Vérifier si des produits sont encore en vente dans cette région

Suite à ces vérifications, un très grand nombre de modifications peuvent avoir lieu :

1. Modifier les deux graphiques présents dans l'interface individuelle réservée aux *Préférences* du marché
2. Modifier le statut du paramètre lié à ce produit dans l'interface individuelle *Price Sensitivity*
3. Modifier le graphique du paramètre lié à ce produit dans l'interface individuelle *Price Sensitivity*
4. Modifier le statut du paramètre lié à ce produit dans l'interface individuelle *Marketing Sensitivity*
5. Modifier les trois éléments du graphique du paramètre liés à ce produit dans l'interface individuelle *Marketing Sensitivity*
6. Si ce produit n'est plus en vente sous ce format dans les autres régions : modifier le statut du paramètre lié à ce produit dans l'interface individuelle *Quality Sensitivity*
7. Si ce produit n'est plus en vente sous ce format dans les autres régions : modifier le graphique du paramètre lié à ce produit dans l'interface individuelle *Quality Sensitivity*

8. Si ce produit n'est plus en vente sous ce format dans les autres régions : modifier le graphique du paramètre lié à ce produit dans l'interface individuelle *Quality Sensitivity*
9. Si aucun produit n'est en vente sous ce format : fermer le canal de distribution correspondant dans l'interface individuelle *Market Breakdown*
10. Si aucun produit n'est en vente sous ce format : modifier le graphique du paramètre lié au canal de distribution dans l'interface individuelle *Market Breakdown*
11. Si aucun produit n'est en vente dans cette région : fermer la région correspondante dans l'interface individuelle *Market Breakdown*
12. Si aucun produit n'est en vente dans cette région : modifier le graphique du paramètre lié à la région dans l'interface individuelle *Market Breakdown*

Puisque le logiciel *Axure RP 9* ne permet pas de créer plusieurs conditions par champs, l'ensemble des vérifications et des changements sont opérationnalisés via un ensemble de cases à cocher qui s'activait et se désactivait en fonction des actions des participants.

Pour pallier ces problèmes de performance, plutôt que de « pousser » les modifications de l'interface individuelles *Market Preference* vers le champ du produit, il est décidé de « tirer » l'état des produits au moment de rafraîchir les écrans. Ainsi, ce n'est plus la modification dans l'interface individuelle *Market Preference* qui va directement modifier le statut d'un champ (p.ex., un champ présent dans l'interface individuelle *Marketing sensitivity*), mais c'est au moment d'utiliser ce champ que le système va vérifier s'il doit être bloqué ou non. Une fois ces premières modifications effectuées, le temps de réponse décroît de 25 s à 10 s.

Cette approche n'est pas sans défaut. En effet, le participant voit les champs se bloquer au moment où il les sélectionne. Afin de contourner ce problème, les explications données aux participants les invitent à tout d'abord sélectionner les boutons de création pour ensuite rafraîchir les données et ainsi actualiser le statut des champs. Bien que les bonnes règles d'expérience utilisateur auraient préconisé de mettre un bouton « rafraîchir », cette solution nous permet de déterminer si les utilisateurs lisent ou non les explications présentes dans l'interface individuelle et, le cas échéant, d'identifier à quel moment ils lisent ces explications.

Dans l'objectif de réduire encore le temps de réponse, une analyse plus approfondie est nécessaire. La cause identifiée est que les panels dynamiques utilisés augmentent le temps de réponse du système. Afin de réparer ce problème, nous remplaçons le plus de panels dynamiques possible par des interactions simples. Suite à ces modifications, le temps de réponse passe de 10 s à 2s, ce qui est jugé comme suffisamment court pour minimiser les frustrations.

Le remplacement des panels dynamiques par des interactions simples a des effets non anticipés. En effet, plusieurs éléments graphiques et fonctionnels qui dépendent d'anciens panels dynamiques, d'interactions ou de valeurs de champs ne fonctionnent plus. De plus, les déplacements de certains éléments (tableaux, graphiques, etc.) ont pour conséquence que d'autres éléments graphiques qui se déplacent ne se retrouvent plus aux bons endroits. Une troisième phase de correction est donc nécessaire afin de réparer ces anomalies. Une fois toutes ces corrections réalisées, les tests unitaires et d'intégration sont appliqués de nouveau. Enfin, un autre test de performance du système est effectué et est jugé satisfaisant. Finalement, des corrections graphiques sont apportées afin de rendre les interfaces individuelles plus esthétiques.

5.2.3.1 Formes des interfaces

Nous présentons ici les nouvelles interfaces individuelles résultant des modifications apportées. Les interfaces individuelles ainsi construites sont divisées en 2 ensembles d'interfaces :

- 1) Les ensembles d'interfaces sur plusieurs pages avec des champs bloqués ;
- 2) Les ensembles d'interfaces sur une page avec des champs bloqués ;

La première interface individuelle qui est présentée aux participants dans cette version est l'*Accueil* (fig. 27). Celle-ci permet aux participants de choisir entre la création et l'affichage d'un scénario.



Figure 27 Accueil/Itération 2

Lorsque le participant sélectionne le bouton *Create*, une fenêtre contextuelle est affichée, demandant de sélectionner un des types de simulation proposés : *Distribution*, *Logistic*, *Manufacturing Introduction*, *Manufacturing Extended/Advanced* et *Retail* (fig. 28). Ce choix permet de limiter en fonction du scénario les informations et variables présentées aux participants.

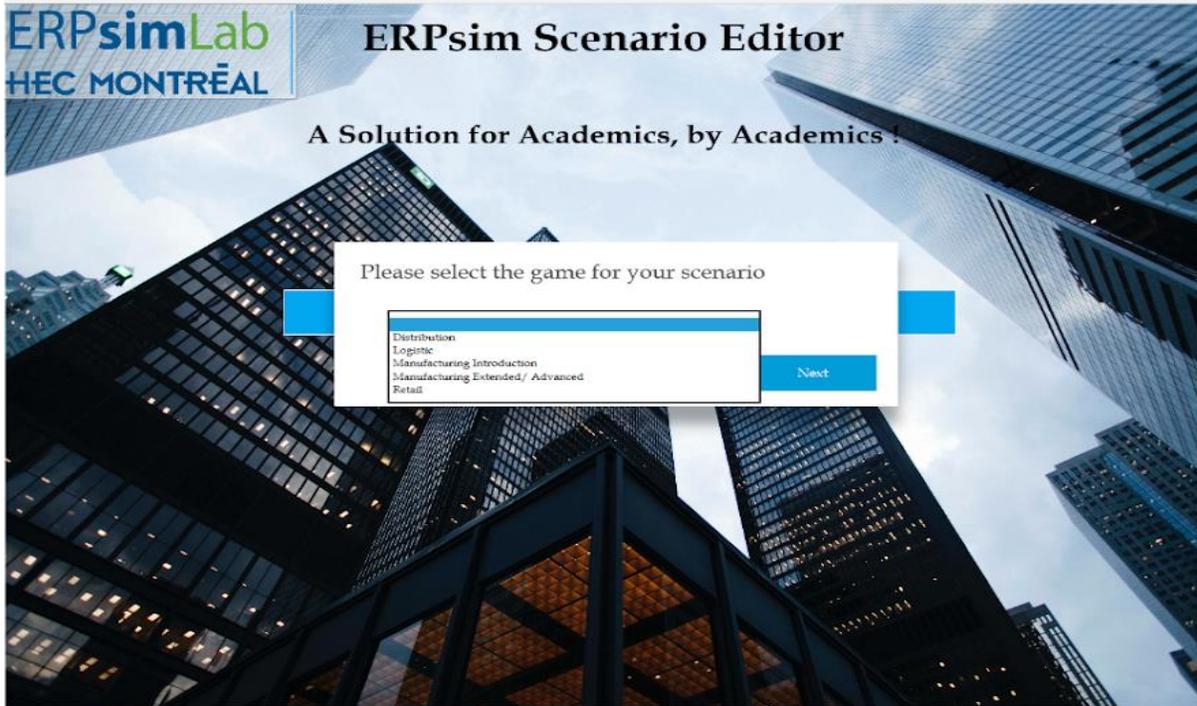


Figure 28 Accueil/Sélection de scénarios/Itération 2

L'interface individuelle *Summary* (fig. 29) a deux objectifs. D'abord, elle fournit une explication sur les différents éléments qui sont présents dans l'interface individuelle de création comme les Notes, les News et l'Aide à l'utilisation (point d'interrogation). L'aide à l'utilisation donne à l'utilisateur une explication du concept présent dans l'interface individuelle ainsi que l'intervalle des valeurs acceptées dans les champs de saisies des paramètres. Ensuite, cette interface individuelle offre un champ de saisie dans laquelle les professeurs peuvent inscrire des informations sur le scénario construit. Cela afin de se souvenir des objectifs pédagogiques qui lui sont associés.



Figure 29 Summary/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

L'interface individuelle *Notes* (fig. 30) permet aux professeurs de noter des informations dont ils veulent se rappeler d'une interface individuelle à l'autre. Cette interface individuelle est particulière, car elle est disponible au sein de chaque autre interface individuelle présente dans cet ensemble d'interfaces.



Figure 30 Notes/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

L'interface individuelle *Market Preference* (fig. 31) répond au requis « L'interface devra permettre de modifier les *Préférences* (R3a) et devra offrir une option permettant de retirer les produits du marché (R3b) ». Suite à la première itération et aux commentaires des participants, la première version de l'interface (fig. 10) est modifiée comme suit :

1. Une option d'ajout et de retrait rapide des *Préférences* via les filtres région (North, South, West), format (500 g, 1 kg) et composant (Nut, Blueberry, Strawberry, Raisin, Original, Mixed) est intégrée. Ainsi, un produit spécifique (combinaison d'un format et d'une variété, p. ex., Nut-500 g) peut être vendu dans une seule ou dans plusieurs régions.
2. La présence de valeurs préinscrites dans les champs de saisie des paramètres de *Préférences* afin de fournir au participant une aide à la saisie.
3. La présence d'un graphique en bas de page représentant les valeurs inscrites dans les champs de saisie. Contrairement au graphique présenté lors de la première itération (fig. 22 – barres empilées), la nouvelle interface individuelle utilise plutôt un graphique à barres non-empilées (fig. 31). Ceci permet de mieux représenter les *Préférences* de chaque produit, d'une part, et de plus facilement visualiser les valeurs acceptables pour chaque produit. En effet, il est plus facile de montrer une valeur supérieure à la valeur maximale

dans le graphique à barres non-empilées. De plus, cela qui indique aux professeurs que la valeur saisie n'est pas dans l'intervalle valide. Un facteur motivant ce choix est le fait que le logiciel *Axure RP 9* limite le nombre de conditions pouvant être appliqué à un champ de saisie.

4. La gauche de l'interface individuelle s'est vue dotée d'une carte géographique permettant de filtrer le graphique des *Préférences* par région afin de n'afficher que les valeurs présentes dans une certaine région.
5. L'ajout des boutons *Equal*, *Small*, *Medium* et *Large*. Ces boutons, lorsque sélectionnés, modifiaient les valeurs présentes dans les champs de saisie du tableau avec un scénario aléatoire.

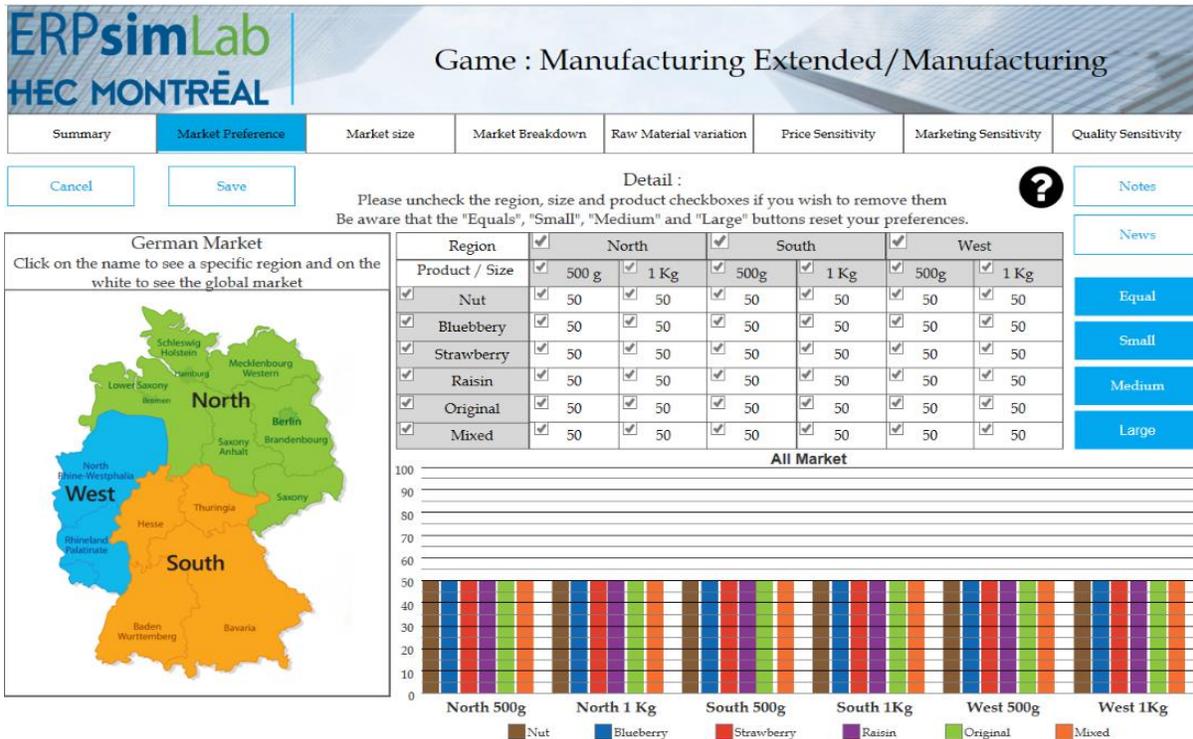


Figure 31 Market Preference / Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

L'interface individuelle *Market size* (fig. 32) est conçue pour répondre au requis « L'interface devra permettre de modifier la *Taille du Marché* (R9) ». Contrairement à l'interface individuelle *Market Variation* de la version précédente (fig. 11), cette nouvelle interface individuelle sépare la *Taille du Marché* de la *Répartition par Région* afin de ne pas surcharger le participant avec

3 variables à modifier (*Taille du Marché, Répartition par Région, Répartition par Canaux de Distribution*).

Un graphique est ajouté à cette interface individuelle (fig. 32). Ce graphique permet aux professeurs de visualiser la taille totale du marché. On notera que dans ce graphique, la valeur 100 % représentent *le facteur Taille du Marché* actuel dans le jeu ERPsim. L'aide indique comment cette valeur est utilisée dans le calcul de la *Taille du Marché*

Taille du Marché [valeur en euros] = Nombre d'équipes * une constante * *facteur Taille du Marché* [%]

Pour limiter les risques d'erreurs, spécifiquement la saisie de valeurs extrêmes, des lignes rouges sont ajoutées dans le graphique au niveau des valeurs 50 et 150 %. Cet intervalle est choisi arbitrairement ; des tests restent à être effectués afin de déterminer les bornes qui devraient effectivement être utilisées, à savoir des valeurs rendant la simulation difficile à utiliser.

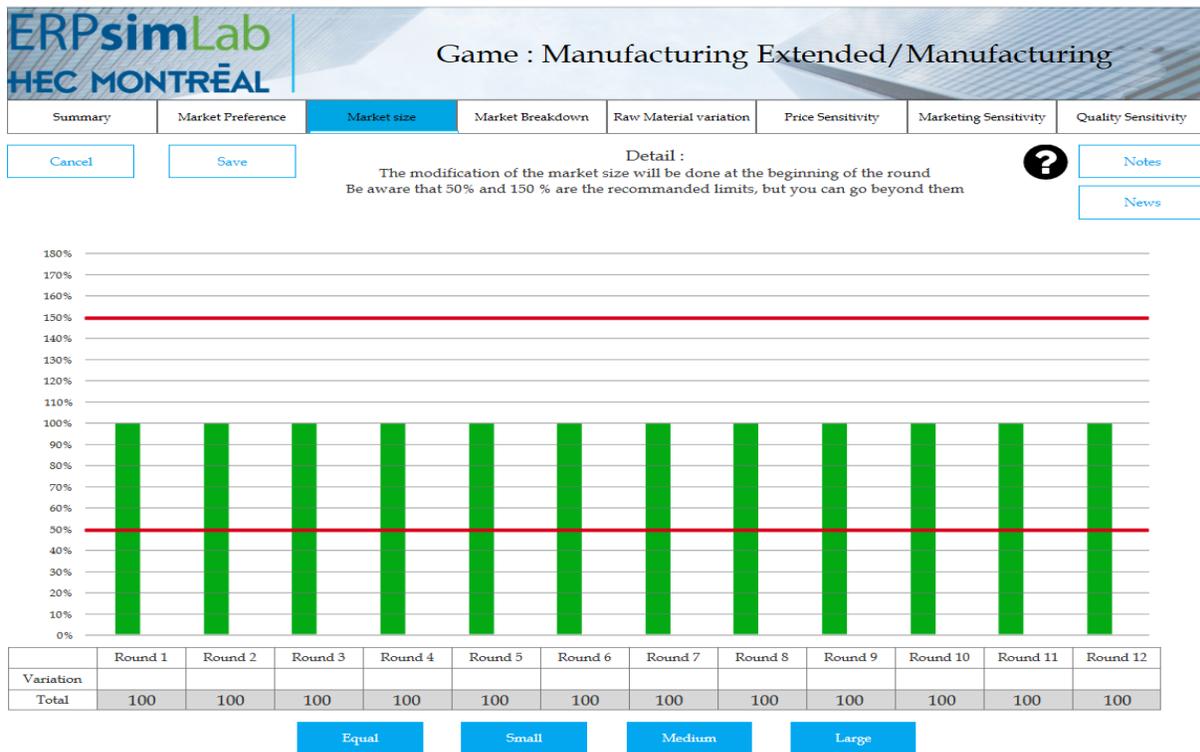


Figure 32 Market size / Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

L'interface individuelle *Market Breakdown* (fig. 33) est constituée de deux sections, l'une permettant la saisie de la variable *Répartition par Région*, l'autre, la variable *Répartition par Canaux de Distribution*. Cette interface individuelle répond aux requis « L'interface devra

permettre de moduler la *Répartition par Région* des ventes tout en prenant en considération la *Taille du Marché* (R8) » et « L'interface devra permettre l'ajout ou le retrait de certains canaux de distribution (R7) ». Lors cette itération, les ajouts qui sont faits sont :

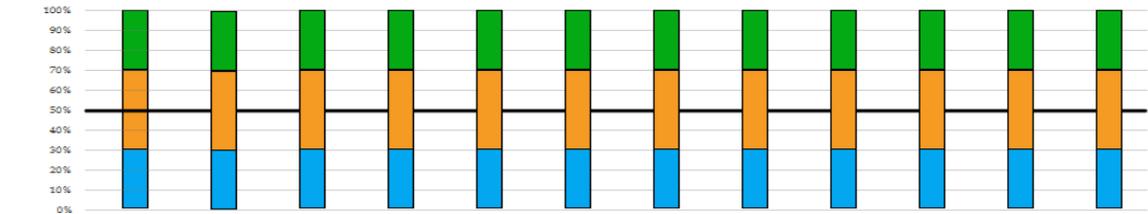
1. Correction du graphique de la variable *Breakdown by Region* qui n'est pas égal à 100 % (fig. 23) ;
2. Ajout de la logique de bloquant des régions et des canaux de distribution en fonction des *Préférences* sélectionnées. Ainsi, lorsqu'une région n'a pas de produits en vente, cette région est automatiquement bloquée. De même, lorsqu'un format (500 g, 1 kg) n'est pas vendu, le canal de distribution correspondant est automatiquement bloqué.
3. Affichage d'un message d'erreur lorsque la somme d'une colonne du tableau par ronde n'est pas égale à 100 %, pour les variables *Répartition par Région* ou *Répartition par Canaux de Distribution* (fig. 34) ;
4. Intégration d'une option d'auto-remplissage, tel que demandé par les participants. Cette option modifie toutes les valeurs suivantes sur la même ligne. Par exemple, si le professeur change une valeur dans la ligne Nord pour la ronde 5, alors toutes les valeurs de cette ligne sont modifiées de la ronde 5 à la ronde 12.

Cancel Save

Detail :
Please be aware that each columns MUST be equal to 100%
Be aware that there is a Breakdown by Region AND by DC

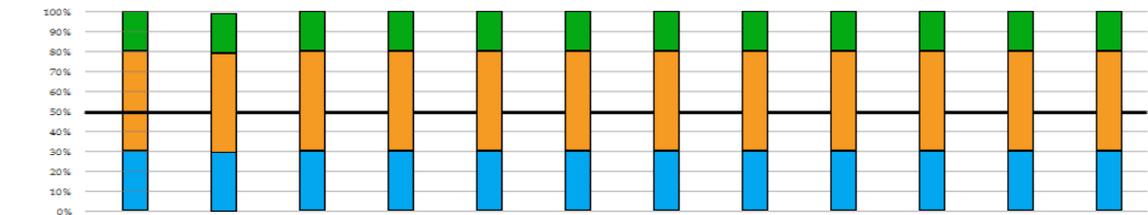
? Notes News

Breakdown By Region



	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5	Round 6	Round 7	Round 8	Round 9	Round 10	Round 11	Round 12
North (30%)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
South (40%)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
West (30%)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Total (100%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Breakdown By DC

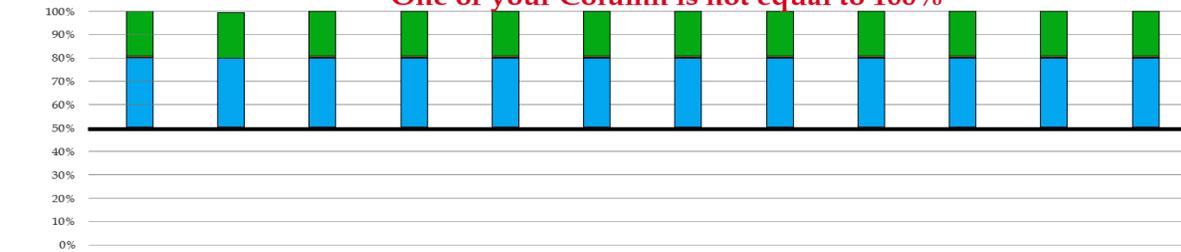


	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5	Round 6	Round 7	Round 8	Round 9	Round 10	Round 11	Round 12
DC 10 (20%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DC 12 (50%)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
DC 14 (30%)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Total (100%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Figure 33 Market breakdown / Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

Breakdown By DC

One of your Column is not equal to 100%



	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5	Round 6	Round 7	Round 8	Round 9	Round 10	Round 11	Round 12
DC 10 (20%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DC 12 (50%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DC 14 (30%)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Total (100%)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Figure 34 Market breakdown non égal à 100 %/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

L'interface individuelle *Raw Material Variation* (fig. 35) répond au requis « L'interface devra permettre de modifier le *Prix des Matières Premières* (R6) ». Cette interface individuelle est constituée de deux sous-sections représentant deux sous-variables : une section la sous-variable *Prix des Ingrédients* (*Price Raw Material*) et une section pour la sous-variable *Prix des Emballages* (*Price Packaging*).

Deux raisons justifient l'utilisation de deux sous-sections. La première raison en est une de lisibilité. En effet, si les deux sections sont fusionnées, il en résulte un tableau à 12 colonnes, rendant la lecture du tableau difficile.

La seconde raison est que ces deux sous-variables ont un *Impact* différent sur les stratégies des étudiants. En effet, une variation de la sous-variable *Prix des Ingrédients* va impacter la composition des produits (*Nut, Blueberry, Strawberry, Raisin, Original, Mixed*), tandis qu'une variation de la sous-variable *Prix des Emballages* modifiera leur stratégie quant au format de production. Par exemple :

- La baisse du prix des bleuets pourra avoir comme *Impact* un changement de stratégie afin de produire des produits à base de bleuets ;
- Un accroissement important du prix des emballages pour les produits de 500 g pourra avoir comme *Impact* un changement de stratégie afin de produire des produits au format 1 kg.

ERPsimLab
HEC MONTRÉAL

Game : Manufacturing Extended/Manufacturing

Summary | Market Preference | Market size | Market Breakdown | **Raw Material variation** | Price Sensitivity | Marketing Sensitivity | Quality Sensitivity

Cancel Save

Detail :
the prices are effective at the beginning of the specified Round and Step and until the end of the game or until a new price change

? Notes
News

Price Raw Material

Round	Step	R01 - Nuts	R02 - Blueberries	R03 - Strawberries	R04 - Raisin	R05 - Wheat	R06 - Oats
1	1	1.82	4.00	4.02	1.07	0.99	0.92

Price Packaging

Round	Step	P01 - Large Box	P02 - Large Bag	P03 - Small Box	P04 - Small Bag
1	1	0.28	0.12	0.21	0.09

Figure 35 Raw Materials Variation/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

L'interface individuelle *Price Sensitivity* (fig. 36) répond au requis « L'interface devra permettre de modifier l'Impact du *Prix de Vente* (R5) ». Plusieurs modifications sont effectuées par rapport à sa version précédente (fig. 12) :

1. Changement du nom de l'interface individuelle de *Price Elasticity* à *Price Sensitivity*. Ce changement a pour objectif d'utiliser le même vocabulaire entre les variables *Marketing*, *Qualité* et *Prix*, et ce, pour des fins de cohérence, comme recommandé par (Scapin et Bastien, 1997).
2. Modification de l'intervalle des valeurs acceptables pour la variable *Price Sensitivity*. Dans la version précédente de l'interface individuelle, la valeur doit être dans l'intervalle de moins l'infini à zéro exclu. Le nouvel intervalle allait de 0,1 à 10. Cette transformation doit réduire le nombre d'erreurs et faciliter l'utilisation de cette variable.
3. Ajout d'un graphique permettant de visualiser les données saisies. Ce graphique a pour objectif de contraindre les valeurs entrées dans un intervalle en indiquant aux professeurs

que les valeurs sortent du cadre prévu. Cette solution est implantée en raison des limitations évoquées (sect. 4.2.3).

4. Intégration de la logique permettant de bloquer et débloquer les champs en fonction des produits vendus ou non. Lorsqu'un produit n'est pas vendu, le champ *Price Sensitivity* correspondant à ce produit est bloqué.
5. Ajout de boutons permettant de créer des valeurs aléatoires de sensibilité aux prix. Les valeurs générées respectent les valeurs minimales et maximales de chaque canal de distribution.

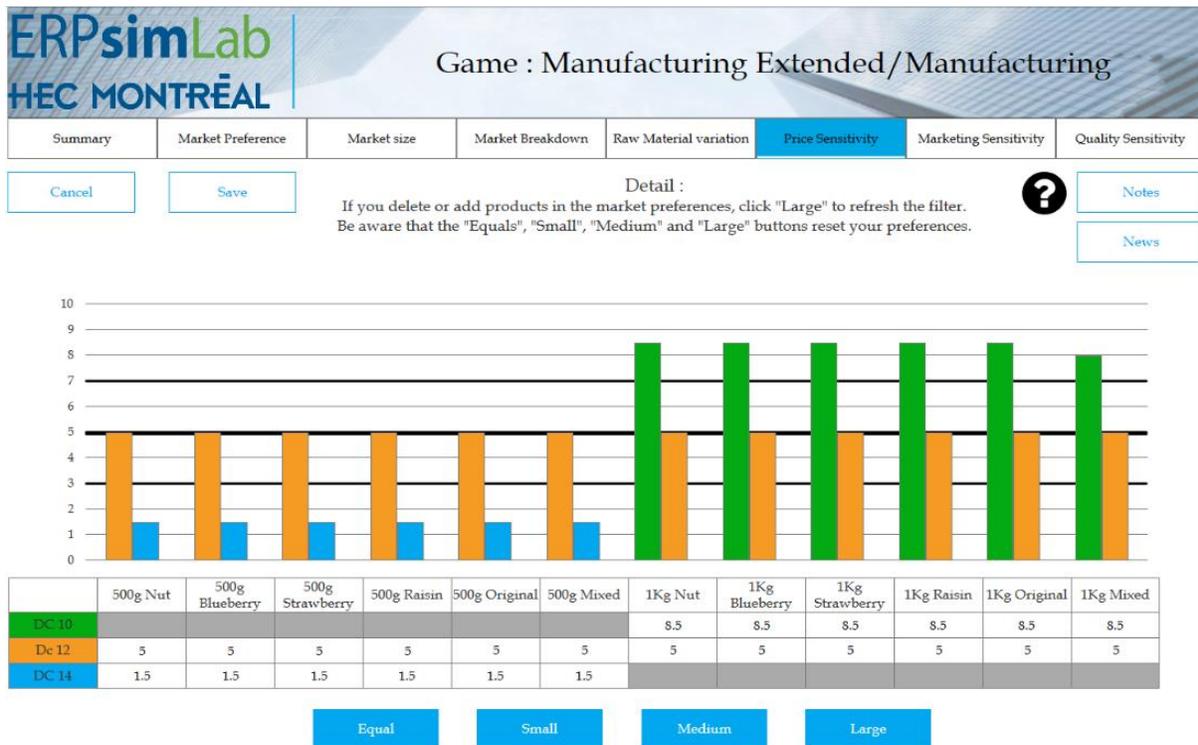


Figure 36 Price Sensitivity/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

L'interface individuelle *Marketing Sensitivity* (fig. 37) répond au requis « L'interface devra permettre de comprendre le fonctionnement de la variable *Marketing* (R1a) ainsi que d'autoriser sa modification (R1b) ». Cette interface individuelle est créée sur le même modèle que celle pour l'interface individuelle *Price Sensitivity* (fig. 36). Elle se distingue par l'ajout sur la droite du graphique d'une échelle représentant l'*Investissement* à effectuer pour obtenir le *Bonus*. Ainsi que d'une barre horizontale rouge représentant la valeur minimale à investir par produit.

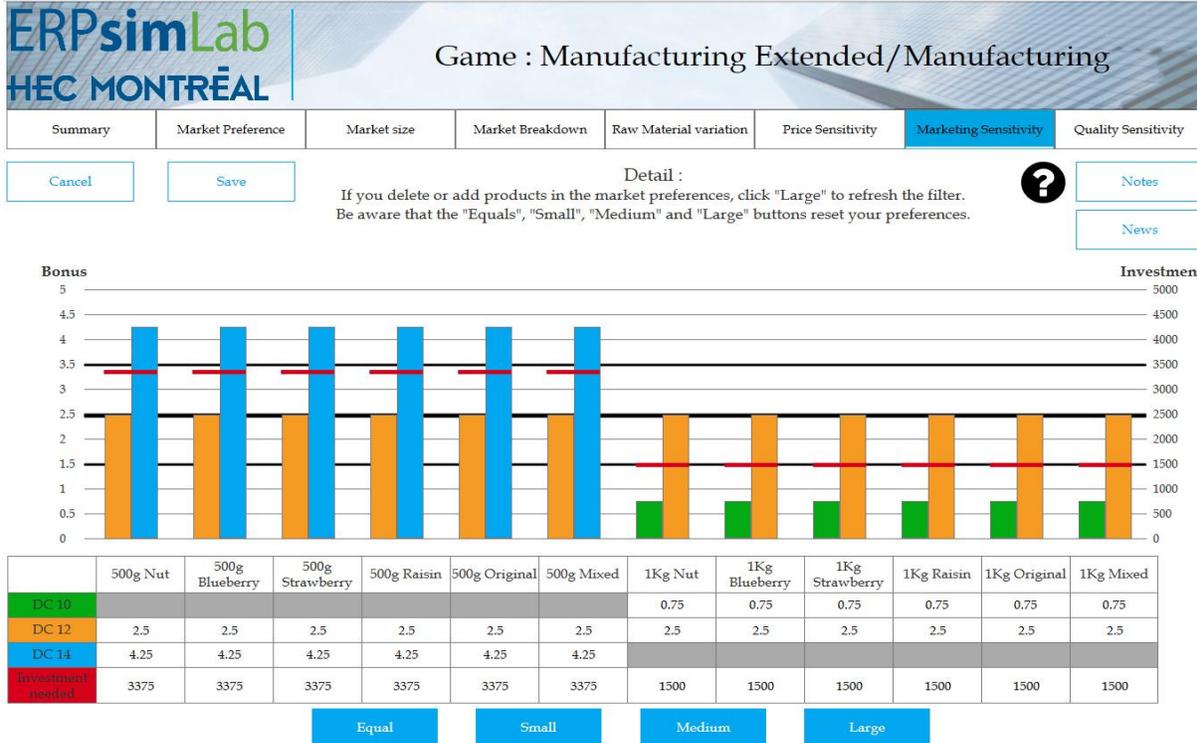


Figure 37 Marketing Sensitivity/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

L'interface individuelle Quality Sensitivity (fig. 38) répond au requis « L'interface devra permettre de modifier l'Impact de la Qualité (R4) ». Cette interface individuelle a aussi été créée en s'inspirant de l'interface individuelle Price Sensitivity (fig. 36). La même logique que pour la sensibilité aux Prix de Vente est utilisée pour la sensibilité à la Qualité, soit une valeur relative dans l'intervalle 0 à 10.

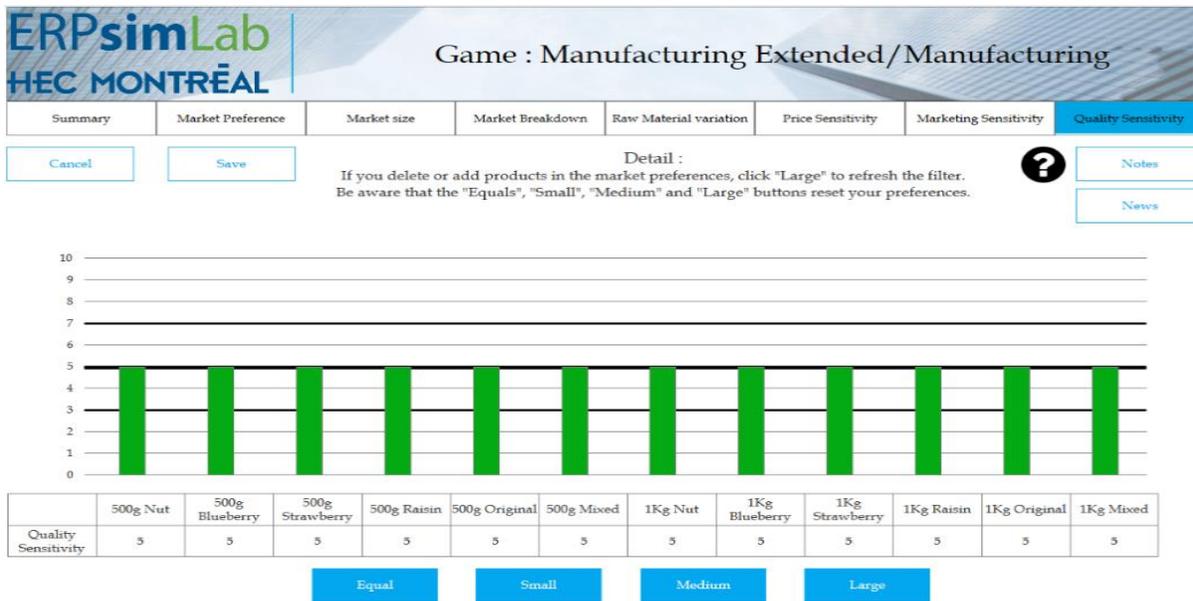


Figure 38 Quality sensitivity/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

L'interface individuelle News (fig. 39) répond au requis « L'interface devra permettre de modifier les *Nouvelles* (R2a) et devra offrir une option permettant de générer automatiquement des *Nouvelles* sur l'état du marché (R2b) ». Cet élément permet de créer des *Nouvelles*. Cette interface individuelle est particulière, car elle est disponible au sein de chaque autre interface individuelle présente dans cet ensemble d'interfaces.

Une fois le scénario créé, les professeurs peuvent l'enregistrer en cliquant sur le bouton *Save*, présent en haut à gauche sur toutes les interfaces individuelles. Au moment de l'enregistrement, une fenêtre s'ouvre pour demander le nom du scénario ainsi que son niveau de difficulté (fig. 36).



Figure 39 News/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

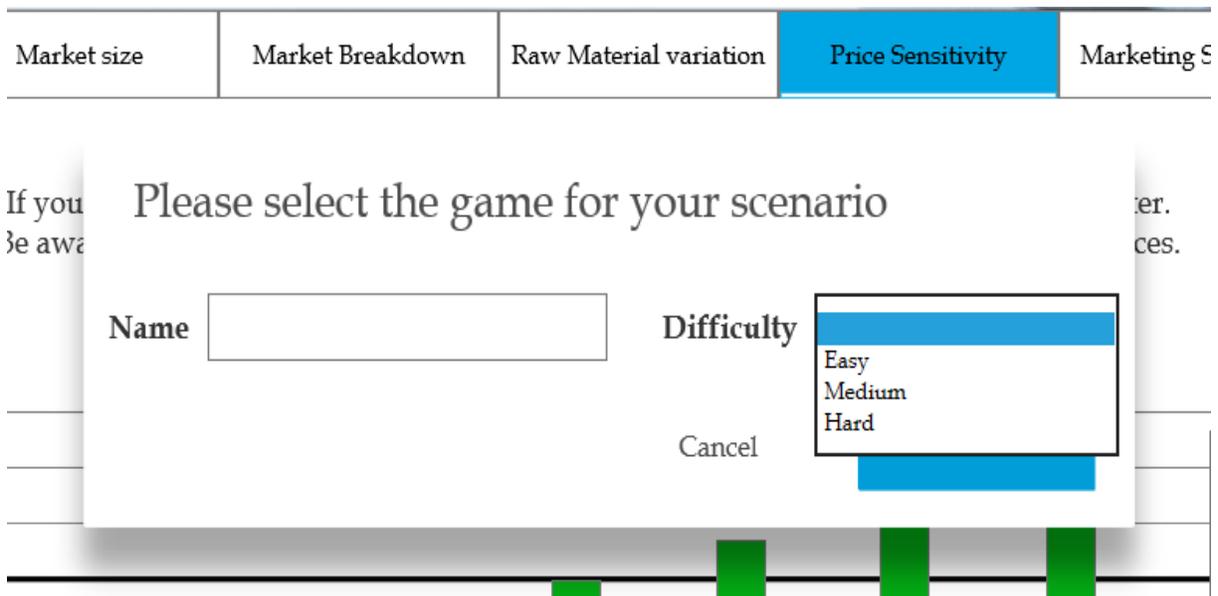


Figure 40 Save/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2

Comme pour la première itération, un ensemble d'interfaces sur une page est aussi créé. Cette version diffère de l'ensemble d'interfaces utilisant plusieurs pages sur deux points :

1. L'ajout d'une barre de déplacement rapide, affichée lorsque le participant fait défiler l'écran (fig. 41).
2. Le retrait du bouton News, qui est plutôt inséré à la fin de la page (fig. 42).

Summary	Market Preference	Market size	Market Breakdown	Raw Material variation	Price Sensitivity	Marketing Sensitivity	Quality Sensitivity	News
---------	--------------------------	-------------	------------------	------------------------	-------------------	-----------------------	---------------------	------

Market Preference

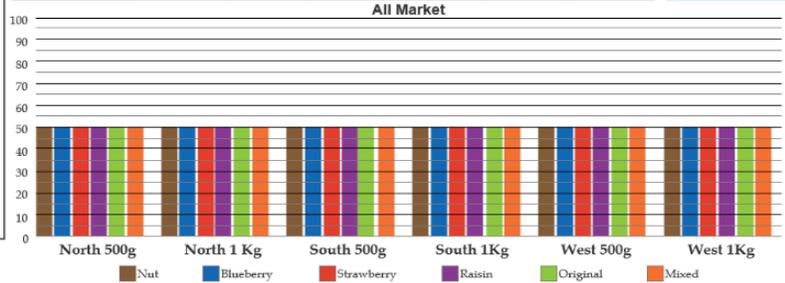
Detail :

Please uncheck the region, size and product checkboxes if you wish to remove them
 Be aware that the "Equals", "Small", "Medium" and "Large" buttons reset your preferences.



Region	<input checked="" type="checkbox"/>	North		South		West	
Product / Size	<input checked="" type="checkbox"/>	500 g	1 Kg	500g	1 Kg	500g	1 Kg
<input checked="" type="checkbox"/> Nut	<input checked="" type="checkbox"/>	50	50	50	50	50	50
<input checked="" type="checkbox"/> Blueberry	<input checked="" type="checkbox"/>	50	50	50	50	50	50
<input checked="" type="checkbox"/> Strawberry	<input checked="" type="checkbox"/>	50	50	50	50	50	50
<input checked="" type="checkbox"/> Raisin	<input checked="" type="checkbox"/>	50	50	50	50	50	50
<input checked="" type="checkbox"/> Original	<input checked="" type="checkbox"/>	50	50	50	50	50	50
<input checked="" type="checkbox"/> Mixed	<input checked="" type="checkbox"/>	50	50	50	50	50	50

-
-
-
-

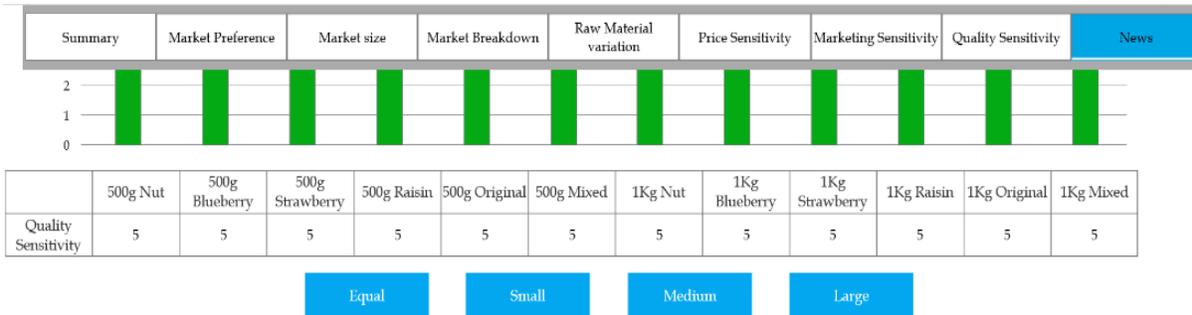


Market Size

Detail :



Figure 41 Save/ Création/ Plusieurs Pages/ Itération 2



News

Detail :

The news are going to be displayed at the beginning of the round and step indicated.



Round	Step	News
▼	▼	

Figure 42 News/ Création/ Une Page/ Itération 2

Pour rappel, la première interface individuelle qui est présentée aux participants dans cette version est l'Accueil (fig. 27). Si le participant sélectionne l'écran d'accueil (fig. 27 et fig. 43).



Figure 43 Accueil - Itération 2

Lorsque le participant sélectionne le bouton *See* au lieu de *Create* alors l'interface individuelle de sélection des scénarios préconstruits s'affiche (fig. 44). Cette interface individuelle répond au requis « L'interface doit offrir plusieurs scénarios préconstruits (R11a) et disposer d'un système de classement (R11b) ». Pour répondre à ce requis, une classification selon trois dimensions est retenue :

1. Le créateur : ERPsim ou le professeur
2. Le jeu : *Distribution, Logistic, Manufacturing Introduction, manufacturing Extended/Advance et Retail.*
3. La difficulté : *Easy, Medium, Hard*

Select the author of the scenario	Name	Game	Difficulty	Date of creation	Last use
<input checked="" type="radio"/> ALL	Stable	Manufacturing Introduction	Easy	2019-01-20	2019-02-15
<input type="radio"/> ERPsim	Slow Increase	Manufacturing Introduction	Easy	2019-01-22	2019-04-15
<input type="radio"/> My Scenario	Slow Decrease	Manufacturing Introduction	Easy	2019-01-20	N/A
	Class 4155	Manufacturing Introduction	Easy	2019-01-10	2019-01-20
	Season	Manufacturing Introduction	Medium	2019-01-20	N/A
	New Region	Manufacturing Extended/ Advanced	Medium	2019-01-20	2019-03-20
	New Law	Manufacturing Extended/ Advanced	Medium	2019-01-20	2019-03-27
	Midterm H 2019	Manufacturing Extended/ Advanced	Medium	2019-02-20	2019-20-25
	Austria Competition	Manufacturing Extended/ Advanced	Hard	2019-01-20	N/A
	Financial Crisis	Manufacturing Extended/ Advanced	Hard	2019-01-20	2019-05-12
	Final H 2019	Manufacturing Extended/ Advanced	Hard	2019-04-05	2019-04-25
	First Scenario	Manufacturing	Hard	2019-04-05	2019-04-25

Figure 44 Sélection des scénarios/Itération 2

Lorsque le professeur sélectionne un scénario, celui-ci est affiché avec les mêmes interfaces individuelles que pour la création (fig. 45). Puisque les scénarios créés par les professeurs peuvent

être modifiés, il semble préférable de garder les mêmes interfaces individuelles plutôt que d'en créer des nouvelles.

The screenshot displays the ERPsimLab interface for a game scenario. At the top, the logo 'ERPsimLab HEC MONTRÉAL' is on the left. The main header area contains the text: 'Name : New Region', 'Game : Manufacturing Extended/Manufacturing', and 'Difficulty : Medium'. Below this is a horizontal menu with tabs: 'Summary' (highlighted in blue), 'Market Preference', 'Market size', 'Market Breakdown', 'Raw Material variation', 'Price Sensitivity', 'Marketing Sensitivity', and 'Quality Sensitivity'. Under the 'Summary' tab, there are two buttons: 'Leave' and 'Save'. To the right, there is a 'Detail :' section with a question mark icon and two buttons: 'Notes' and 'News'. The 'Detail :' section contains the following text: 'The question mark will provide you with information on each screen about the concept and value. You can use "Add Note" to write the information you want to memorize from one screen to another. You can use "Add News" to create news that will be shown to your students during a game. You can use Explanation to describe your game and the story you want to create.' Below this is an 'Explanation' section with a large text area containing the following text: 'This scenario aims to put students in a position where they can expand their sales to a new region (north). This scenario can be used in the advanced game to slightly increase the difficulty with only two regions at the beginning.'

Figure 45 Summary/ Analyse/ Plusieurs Pages/ Itération 2

5.3 Itération 3 : Modification & Évaluation de l'interface

Cette troisième collecte de données a pour objectif principal d'identifier des facteurs impactant la perception de l'utilisabilité et de présenter de nouveaux ensembles d'interfaces permettant de réduire la complexité des simulations. Pour y parvenir, nous mettons à jour les ensembles d'interfaces en fonction des commentaires des participants exprimés lors de la deuxième collecte.

5.3.1 Analyse

Comme pour la deuxième collecte de données, la méthodologie employée est une étude qualitative basée sur des observations ainsi qu'une courte entrevue semi-structurée. Nous nous intéressons en particulier à l'utilisation des nouveaux ensembles d'interfaces afin d'identifier d'autres améliorations à leur apporter, tout en validant leur facilité d'utilisation. Pour ce faire, cette analyse utilise les variables présentes dans la grille de codification (tab. 3) ainsi que dans la grille de codification contextuelle (tab. 4). Comme indiqué précédemment, seulement 6 professeurs participent à cette troisième collecte.

Lors de cette troisième collecte, les participants doivent analyser les paramètres d'un marché, soit sur un ensemble d'interfaces sur une page soit sur un ensemble d'interfaces avec plusieurs pages (déterminé aléatoirement). Par la suite, ils doivent créer un marché avec le même ensemble d'interfaces. Enfin, ils doivent de nouveau analyser puis en créer un marché en utilisant l'autre ensemble d'interfaces.

5.3.1.1 Market Preference

Les participants doivent en premier lieu modifier les paramètres de la variable *Préférences* dans l'interface individuelle *Market Preference*. Lors de l'utilisation, plusieurs éléments sont relevés :

1. Aucune erreur n'est commise par l'un des 6 participants lors de la création des scénarios tant sur les interfaces individuelles à une page que plusieurs pages.
2. Une erreur est commise par le participant 6 lors de l'analyse des *Préférences* ; il ne trouve pas la bonne valeur. Cette erreur arrive sur une interface individuelle d'analyse sur une page.
3. Aucun participant n'utilise la carte géographique pour effectuer les filtres.

4. Aucun commentaire négatif ne ressort des entrevues concernant les nouvelles interfaces individuelles pour la *Préférences* des produits.
5. Le participant 4 mentionne avoir aimé l'option de sélection rapide : « *being able to uncheck north and it took away all this is fantastic* ».

5.3.1.2 Market size

L'interface individuelle suivante est *Market Variation*, incluant tout particulièrement la variable *Taille du Marché*. À l'instar de l'interface individuelle *Market Preference*, peu de problèmes sont identifiés dans cette interface individuelle :

1. Lors de la création, le participant 1 a commis une erreur sur une interface individuelle sur une page. Il augmente la *Taille du Marché* de 5 % toutes les 3 rondes au lieu de toutes les 4 rondes comme il est demandé.
2. Lors de l'analyse, aucun participant n'a commis d'erreur.

Un participant identifie un problème avec l'interface individuelle. Il n'est pas clair si les boutons « Small », « Medium » et « Large » réfèrent à la variation de la *Taille du Marché* ou à la volatilité entre chaque round.

5.3.1.3 Market Breakdown

L'interface individuelle *Market Breakdown* comprend deux sections : *Répartition par Région* (*Breakdown by Region*), regroupant le Nord, Sud et Ouest, et *Répartition par Canaux de Distribution* (*Breakdown by DC*) qui regroupe les canaux de distribution DC 10, DC 12 et DC 14.

5.3.1.3.1 Breakdown by Region (Répartition par Région)

Contrairement aux deux interfaces individuelles précédentes, *Market Preference* et *Market Variation*, plusieurs erreurs sont relevées dans le cadre de la *Répartition par Région*. Au total 7 erreurs sont commises par 3 participants :

1. Deux (2) participants ont commis 3 erreurs en validant des colonnes qui ne sont pas égales à 100 %. Deux (2) de ces erreurs sont faites sur des interfaces individuelles sur une page.

2. Trois (3) participants (les 2 précédents ainsi qu'un autre participant) ont commis 3 erreurs en n'inscrivant pas les bonnes proportions de ventes. Deux (2) de ces erreurs sont faites sur des interfaces individuelles sur une page.
3. Une erreur est faite par le participant 1 lors de l'analyse des paramètres. Il n'indique pas la bonne proportion des ventes. Cette erreur est faite sur une interface individuelle sur plusieurs pages.

5.3.1.3.2 Breakdown by DC (Réparation par Canaux de distribution)

Au moment de la *Répartition par Canaux de Distribution*, nous relevons 4 erreurs, 1 abandon et 2 commentaires :

1. Deux (2) erreurs sont faites par le participant 6 qui crée des colonnes dont les valeurs totales ne sont pas 100 %. Cette erreur arrive à la fois sur des interfaces individuelles présentées sur une ou plusieurs pages.
2. Le participant 1 n'inscrit pas les bonnes valeurs lors de la tâche de création dans une interface individuelle sur plusieurs pages.
3. Le participant 1 ne trouve pas la bonne valeur dans la tâche d'analyse sur une interface individuelle sur plusieurs pages.
4. Le participant 2 abandonne lors d'une tâche d'analyse sur une interface individuelle sur plusieurs pages. Ceci est lié au fait qu'il ne voit pas que la section dévolue à la variable *Répartition par Canaux de Distribution* se trouve sous la section pour la variable *Répartition par Région*.
5. Deux (2) participants mentionnent avoir apprécié la fonction de remplissage automatique, notamment le participant 4 : « *What I really like about all this [...] is having an autofill* ».
6. Le participant 4 ajoute notamment que cette option permet d'avoir un marché plus proche de son fonctionnement réel : « *that's to me is more realistic of how the market works typically* ». De plus, il ajoute que « *that's a good practice for the students to understand really how the market works* ».

5.3.1.4 Raw Material Variation

Concernant l'interface individuelle *Raw Material Variation* consacrée au *Prix des Matières Premières*, celles-ci évaluent deux capacités d'analyse différentes. La première est la capacité des participants à voir ou à créer des variations de prix, tandis que la seconde est la capacité d'identifier une valeur entre deux variations de prix.

Lorsque les participants doivent voir ou créer des variations de prix, on constate les éléments suivants :

1. Aucune erreur n'est commise par les 6 participants.
2. Comme noté par le participant 1, cette interface individuelle est la seule à ne pas disposer de boutons permettant de générer des variations de prix automatiquement. Le participant propose d'ajouter des boutons pour grader à la fois la fréquence et l'intensité de ces variations. Cette carence existe sur les ensembles d'interfaces à une et plusieurs pages.
3. Le participant 1 précise également qu'il souhaite que cette interface individuelle comporte un graphique permettant d'afficher les variations des *Prix des Matières Premières* à ses étudiants.
4. Deux (2) participants indiquent qu'ils ont trouvé contraignant que cette interface individuelle diffère des autres, au début de son utilisation. Toutefois, ils ajoutent s'être facilement habitués par la suite.
5. Le participant 2 souligne un manque de clarté quant à la terminologie utilisée. En effet, la section s'appelle « Raw Material Variation » est constituée de deux sous-sections appelées « Raw Material » et « Packaging ». Il n'est pas clair si l'augmentation des « Raw Material » s'applique aussi au « Packaging ».

Lorsque les participants doivent rechercher la valeur d'un produit entre deux variations, nous constatons les éléments suivants :

1. Deux (2) participants ne trouvent pas la valeur recherchée, et ce tant sur les interfaces individuelles sur une page que sur plusieurs pages.

2. Deux (2) participants trouvent la bonne valeur, mais indiquent ne pas être sûrs de leur réponse.

5.3.1.5 Price Sensitivity

L'interface individuelle *Price Sensitivity* doit permettre la modification des paramètres liée à la variable *Prix de vente*. Bien que cette interface individuelle soit simplifiée par rapport à la version précédente (fig. 12), plusieurs points d'amélioration restants sont identifiés :

1. Lors de la phase de création, 3 participants ont commis 4 erreurs en n'inscrivant pas les bonnes valeurs par canaux de distribution. Deux (2) de ces erreurs sont faites sur une interface individuelle sur une page.
2. Le participant 2 inverse les valeurs de sensibilité, rendant le produit peu sensible très sensible et inversement. Cette erreur est commise sur une interface individuelle sur une page.
3. Quatre (4) participants utilisent l'aide lors des tâches de création.
4. Trois (3) participants utilisent l'aide lors de tâches de l'analyse des paramètres.
5. Deux (2) participants précisent qu'ils préfèrent que les valeurs soient positives.
6. Deux (2) participants précisent que le fait de devoir mémoriser les intervalles de chaque canal de distribution rend la tâche complexe à résoudre.
7. Le participant 2 souligne qu'il est complexe de suivre la sensibilité naturelle de chaque canal de distribution.
8. Aucune erreur n'est constatée lors de la tâche d'analyse.

5.3.1.6 Marketing Sensitivity

L'interface individuelle *Marketing Sensitivity* comprend deux sous-sections correspondant aux deux sous-variables : *Bonus* et *Investissement*. Les problèmes liés à cette interface individuelle se situent au niveau du respect du *Bonus* par canal de distribution.

1. Quatre (4) participants ont commis au total 6 erreurs. Ces erreurs se produisent au niveau de la création des *Bonus*. En effet, les participants n'inscrivent pas les bonnes valeurs. Les 4 erreurs sont commises sur des interfaces individuelles sur plusieurs pages.
2. Les quatre (4) participants ayant commis une erreur ont tous utilisé l'aide fournie.
3. Aucune erreur n'est constatée lors de la tâche d'analyse.

Malgré les problèmes évoqués, le participant 4 souligne que cette interface individuelle répond parfaitement au besoin de comprendre comment fonctionnait la variable *Marketing* ainsi que les valeurs utilisées : « *I think it's something that has been needed for a long time* ».

5.3.1.7 Quality Sensitivity

L'interface individuelle *Quality Sensitivity* doit permettre la modification des paramètres de la variable *Qualité*. Au cours de l'expérience, nous constatons les éléments suivants :

1. Lors de la création des paramètres de cette variable, le participant 2 n'assigne pas les bonnes valeurs. Cette erreur est faite sur une interface individuelle sur une page.
2. Lors de la tâche d'analyse, le participant 2 ne choisit pas le bon produit. Cette erreur est faite sur une interface individuelle sur une page.

5.3.1.8 News

L'interface individuelle *News* permet aux professeurs de créer et d'afficher des messages afin de guider leurs étudiants. Concernant cette fonctionnalité, les éléments suivants sont relevés :

1. Trois (3) participants oublient de créer les *Nouvelles* lorsqu'ils utilisent une interface individuelle sur une page.
2. Trois (3) participants soulignent qu'aucun élément ne permet de savoir qu'il faut cliquer de nouveau sur le bouton *News* pour fermer la fonctionnalité. Le participant 1 précise notamment que « *Closing was also not intuitive* ».
3. Deux (2) participants indiquent que le système de *News* n'a pas d'élément visuel permettant de s'assurer que les *Nouvelles* créées sont sauvegardées.

4. Deux (2) participants qualifient cette option comme intéressante, mais doutent de son utilité. À cet effet, le participant 1 nous dit que « *it's a nice to have features [news] but it is not that important I think* ».
5. Le participant 4 pense au contraire utiliser cette option dans ses cours. Cette fonctionnalité pouvant simuler la génération de flux d'actualités d'un site d'information afin de renforcer le réalisme de la simulation. Les *Nouvelles* seraient alors affichées à l'écran et les équipes seraient libres de les regarder ou non et donc d'agir en conséquence.
6. Aucune erreur n'est constatée lors de l'analyse.

5.3.1.9 Type d'interface

À la fin des entrevues, les participants doivent s'exprimer sur les ensembles d'interfaces qu'ils préfèrent entre les ensembles d'interfaces sur une page et les ensembles d'interfaces sur plusieurs pages :

1. Pour la création, 5 participants indiquent préférer les ensembles d'interfaces sur plusieurs pages. Ces participants justifient leur choix par le fait qu'ils jugent que les tâches de création sur des ensembles d'interfaces sur plusieurs pages sont plus simples d'utilisation. Le participant ayant préféré les ensembles d'interfaces sur une page justifie son choix en indiquant que cette forme lui permet de s'assurer d'avoir rempli tous les paramètres.
2. Pour l'analyse, les avis sont partagés avec 3 participants préférant chacune des options.

5.3.1.10 Amélioration de la simulation

Dans le cadre de cette recherche, nous cherchons à explorer les facteurs qui impactent la perception de l'utilisabilité et par conséquent à déterminer s'il est possible de modifier facilement la complexité d'une simulation d'un jeu sérieux. Pour ce faire nous nous intéressons aux facteurs impactant l'utilisabilité de l'outil permettant l'adaptation de la difficulté et du réalisme du jeu sérieux. De plus, cet outil doit aussi permettre aux professeurs d'atteindre leurs objectifs pédagogiques.

Concernant la difficulté d'utilisation de cet outil de modification, nous constatons que (tab. 6) :

1. Lors des tâches d'analyse, le nombre d'erreurs est faible (7), tant pour les ensembles d'interfaces sur une page que sur plusieurs pages.
2. Lors des tâches de création, le nombre d'erreurs est important (25). Bien que le nombre de participants soit trop faible pour conclure de manière absolue, nous décelons une meilleure performance sur les ensembles d'interfaces sur plusieurs pages.
3. Sur certaines interfaces individuelles, le nombre d'erreurs est encore élevé (12) : *Market Breakdown (Breakdown By Region, Breakdown by DC)*, *Raw Material Variation* (Identification d'une valeur entre deux variations) *Price Sensitivity* et *Marketing Sensitivity*.
4. Deux (2) participants indiquent qu'ils sont satisfaits avec les ensembles d'interfaces présentées. Le participant 1 indique même que la prise en main est très rapide « *Yeah, I'm happy with that, it doesn't take a lot of time to learn how to use it* ».

Interface individuelle	Une page		Plusieurs Pages		Nombre d'erreurs par interface	Pourcentage d'erreur Par interface
	Création	Analyse	Création	Analyse		
Market Preference	0	1	0	0	1	4%
Market size	1	0	0	0	1	4%
Breakdown By Region	4	0	2	1	7	29%
Breakdown by DC	1	0	2	2	5	21%
Créer et voir les variations ²³	0	0	0	0	0	0 %
Identification d'une valeur	N/A	1	N/A	1	2	17%

²³ Inclus dans l'interface Individuelle *Raw Material Variation*

entre deux variations ²⁴						
Price Sensitivity	3	0	2	0	5	21%
Marketing Sensitivity	2	0	4	0	6	25 %
Quality Sensitivity	1	1	0	0	2	8%
News	3	0	0	0	3	13%
Total d'erreur par tâche et interface	15	3	10	4	32	
Pourcentage d'erreur par tâche et interface	28 %	5 %	19 %	7 %	14 %	

Tableau 6 Nombre d'erreurs par interface individuelle de la troisième collecte

En ce qui concerne les objectifs pédagogiques, les professeurs mentionnent les éléments suivants :

1. La modulation des sensibilités aux *Prix de Vente*, *Marketing* et *Qualité* leur permettra de faire mieux comprendre ces concepts aux étudiants. Le participant 1 dit notamment « *yeah, you can teach the value of the marketing sensitivity, the price sensitivity by changing them for different products the students will be able to understand that better and also with the quality sensitivity* ».
2. Le *contrôle* des variables *Répartition par Canaux de Distribution* et *Répartition par Région* est vu comme des éléments permettant de mieux comprendre le fonctionnement d'un vrai marché. Le participant 4 nous dit que « *that's to me is more realistic of how the market works typically* ».

²⁴ Inclus dans l'interface Individuelle *Raw Material Variation*

5.3.2 Résultat

À la suite de l'analyse faite ci-dessus plusieurs constats sont à poser. Les premiers constats seront orientés vers des améliorations à apporter aux interfaces individuelles. Les autres constats dresseront les conclusions à apporter au présent travail de recherche.

5.3.2.1 Market Preference

Au vu du peu de commentaires négatifs et d'erreurs lors de l'utilisation des interfaces individuelles *Market Preference*, peu de modifications seront à apporter à ces interfaces individuelles. On retrouve cependant les changements suivants :

1. Ajout d'un bouton « Reset » pour remettre les *Préférences* à leur valeur d'origine.
2. Suppression du filtre par carte filtre. Cela laissera plus d'espace disponible pour le graphique des *Préférences*.

5.3.2.2 Market size

À l'instar des interfaces individuelles *Market Preference*, les interfaces individuelles *Market Size* reçoivent aussi peu de commentaires négatifs et généré peu d'erreurs. Quelques modifications sont proposées :

1. Tester les différentes tailles de marché afin de déterminer les proportions rendant le marché trop extrême.
2. Ajouter de l'aide décrivant la fonction des boutons de génération de *Taille du Marché*. Cela permettra de montrer de quelle manière ils impactent la volatilité.

5.3.2.3 Market Breakdown

En ce qui touche aux interfaces individuelles *Market Breakdown*, considérant que 11 erreurs et un abandon lui sont associés, plusieurs modifications sont identifiées afin d'accroître son ergonomie :

1. Transformer l'unité afin de passer d'un système de pourcentage à un système de poids relatif. Ainsi les professeurs n'auront pas à se soucier que cette valeur soit égale à 100 %.

2. Ajout d'un graphique à barres empilées afin de représenter la répartition du marché en fonction de la *Taille du Marché*, comme présenté dans la figure 23.
3. Diviser les répartitions du marché (*Répartition par Région* et *Répartition par Canaux de Distribution*) en deux interfaces individuelles différentes afin de garder une cohérence et ne pas avoir une interface individuelle avec deux variables.

5.3.2.4 Raw Material Variation

Concernant les interfaces individuelles *Raw Material Variation*, la majorité des erreurs viennent du fait que les participants ne parviennent pas à trouver le prix entre deux variations dans le temps. De plus, un participant souligne le fait que l'interface individuelle ne dispose pas de graphiques, contrairement aux autres interfaces individuelles. Par conséquent les changements suivants sont proposés :

1. L'ajout d'un graphique retraçant la variation des prix dans le temps.
2. L'ajout de la logique requise pour bloquer les matières premières qui ne peuvent pas être achetées, en raison de la non-vente de certains produits finis, afin de réduire le nombre de prix à saisir lors de la création d'une variation de prix. En effet, si aucun produit fini au format 500g n'est vendu, alors il n'y a pas d'intérêt à inscrire les prix des emballages correspondants.

5.3.2.5 Price Sensitivity

Les participants estiment que les interfaces individuelles *Price Sensitivity* sont complexes à manipuler. La majorité des erreurs proviennent d'une valeur de sensibilité qui ne correspond pas au canal de distribution. Plusieurs modifications vont être appliquées afin de permettre aux professeurs de modifier facilement les paramètres de cette variable :

1. Suppression des intervalles spécifiques à chaque canal de distribution. Ainsi les professeurs pourront inscrire la valeur de sensibilité qu'ils souhaitent par produit et canal de distribution dans un intervalle de 0 à 10.

2. Ajout d'une logique (en arrière-plan) calculant la valeur de la sensibilité utilisée dans le simulateur. Cela permettra de s'assurer que cette sensibilité reste cohérente avec les règles du jeu et le réalisme visé par la simulation.
3. Ajout d'un bouton permettant de visualiser les valeurs réelles de la sensibilité aux prix sans en autoriser la modification. Cette option a pour avantage de donner une connaissance précise de la valeur de la sensibilité pour les professeurs voulant aborder cet aspect. Le second avantage est que cette approche bloquera la saisie de données. Ceci maintiendra donc l'intégrité des données et garantira que ces données restent dans un intervalle imposé par ERPsim.
4. Ajout de la logique nécessaire pour bloquer les champs de saisies des produits qui ne sont pas vendus.

5.3.2.6 Marketing Sensitivity

À l'instar des interfaces individuelles *Price Sensitivity*, les participants font face à de nombreux problèmes lors de leur utilisation des interfaces individuelles *Marketing Sensitivity*. Ces problèmes surviennent lors des tâches création des scénarios, notamment dans l'inscription de valeurs cohérentes par canaux de distribution. Pour régler cela, plusieurs éléments vont être mis en place :

1. Suppression des intervalles spécifiques à des canaux de distribution. L'intervalle du *Bonus* sera remplacé par une valeur relative allant de 0 à 10 que les professeurs pourront préciser par produit et par canal de distribution.
2. Ajout d'une logique (en arrière-plan) calculant la valeur de la sensibilité utilisée dans le simulateur. Cela permettra de s'assurer que cette sensibilité reste cohérente avec les règles du jeu et le réalisme visé par la simulation.
3. Modification du terme « Investment needed » pour « Marketing Expense ». Cela va éliminer la confusion entre un investissement et une dépense.
4. Ajout de la logique nécessaire pour bloquer les champs de saisies des produits qui ne sont pas vendus.

5.3.2.7 Quality Sensitivity

Concernant les interfaces individuelles *Quality Sensitivity*, peu de commentaires négatifs et d'erreurs sont relevés. Une modification a tout de même effectué :

1. Ajout de la logique nécessaire pour bloquer les champs de saisies des produits qui ne sont pas vendus.

5.3.2.8 News

En ce qui touche aux interfaces individuelles *News*, les remarques des participants sont concentrées au niveau des rétroactions fournies. Pour pallier les problèmes identifiés, plusieurs modifications seront apportées :

1. L'ajout d'un bouton en forme de croix rouge en haut de la fenêtre des *News* permettant de la fermer.
2. La séparation de la fenêtre de création des *News* en deux. La première partie permettra d'écrire un message en précisant le moment au cours duquel le professeur veut que l'information soit diffusée. La deuxième partie regroupera toutes les *News* créées avec une option pour les supprimer et les modifier. Cette solution a deux avantages : les professeurs ont une rétroaction rapide quant à la création de nouveaux messages qui sont visibles dans la zone d'affichage une fois créés, les *News* sont automatiquement classés par ordre d'apparition.
3. L'ajout d'un bouton de génération automatique qui créera une *News* à chaque modification de paramètre.

5.3.2.9 Type d'interface

Au regard des informations obtenues lors des entrevues et des expérimentations, nous recommandons l'utilisation exclusive de l'ensemble d'interfaces sur plusieurs pages tant pour la création que l'analyse. En considérant les réponses des participants et les erreurs commises, un certain nombre de modifications seront faites aux ensembles d'interfaces :

1. Les interfaces individuelles de création seront uniquement sur plusieurs pages.

2. Les tabulations marquant les différentes interfaces individuelles disposeront d'un symbole de couleur pour préciser l'état de l'interface individuelle.
 - a. Cercle vert : interface individuelle visitée
 - b. Carré rouge : interface individuelle non visitée
3. Les interfaces individuelles d'analyse se feront sur des ensembles d'interfaces sur plusieurs pages.

5.3.2.10 Commentaires des entrevues

Pour finir, plusieurs éléments soulevés par les participants au cours des entretiens devront être considérés lors de la création des interfaces individuelles finales :

1. L'ajout d'une option « copier un scénario » permettant de dupliquer un scénario et de le modifier. Cela aura notamment pour avantage de permettre aux professeurs de dupliquer un scénario créé par ERPsim afin d'en modifier certaines variables. Cela est d'autant plus important que des participants indiquent qu'ils comptent, dans un premier temps, utiliser les scénarios fournis par ERPsim et, dans un second temps, modifier ces scénarios.
2. L'ajout d'une fonction « Partage de scénario ». Plusieurs participants expriment le souhait de pouvoir partager leurs scénarios à la fois à d'autres professeurs, mais aussi à des étudiants pour qu'ils puissent analyser le marché. Il semble donc opportun que cette option soit présente dans un format statique (p.ex. un document PDF) pour le partager avec les étudiants et dans un format dynamique (p.ex., un fichier CSV) pour permettre aux professeurs d'échanger entre eux leurs scénarios.
4. L'ajout d'une courte explication du scénario lors de sa sélection afin de permettre aux professeurs de connaître le contenu du scénario sans avoir à visualiser le détail du scénario.
5. L'ajout d'une option permettant de modifier la palette de couleurs des interfaces individuelles. Cette option permettra aux personnes daltoniennes de pouvoir choisir les couleurs qui leur conviennent. Cette option devra afficher les couleurs par défaut, afficher

une description de l'utilisation de cette couleur (quand et pourquoi elle est utilisée) et offrir d'un panneau de choix de couleurs.

6. L'ajout d'explications des objectifs pédagogiques de chaque scénario préconstruit.

En conclusion, ces résultats nous suggèrent de partiellement valider la proposition P4 qui est « *La mise en place d'outils segmentant les paramètres du jeu sérieux accroît l'utilisabilité perçue par le professeur* ». En effet, les résultats nous montrent que pour les tâches de création, les ensembles d'interfaces sur plusieurs pages sont préférés par 5 des 6 participants. De plus, on constate que le nombre d'erreurs est de 15 dans les ensembles d'interfaces n'appliquant pas la segmentation tandis que ce nombre est de 10 lorsque la segmentation est appliquée. En ce qui touche aux ensembles d'interfaces de création, le bilan est mitigé. En effet, les choix des préférences entre les ensembles d'interfaces (options sur plusieurs pages ou sur une seule page) sont répartis de manière équitable entre les deux options. De plus, on constate dans les deux cas un faible nombre d'erreurs, soit 3, pour les ensembles d'interfaces n'appliquant pas la segmentation, et 4 dans le cas où la segmentation est appliquée.

Par conséquent, nos résultats nous suggèrent que la proposition 4 est supportée dans le cadre des ensembles d'interfaces dévolues aux tâches de création et modification. Tandis que cette même proposition n'est pas supportée lorsque l'on s'intéresse aux ensembles d'interfaces utilisés lors des tâches d'analyse.

6. Discussion

Au commencement de ce mémoire, nous nous sommes demandé « quels sont les différents facteurs susceptibles d'impacter les perceptions d'utilité et d'utilisabilité d'un jeu sérieux ? ». Afin de répondre à cette question, nous avons dans un premier temps dressé une revue de littérature. Au sein de cette revue de littérature, nous avons exploré les théories de l'éducation ainsi que la méthodologie de résolution de problème, la charge cognitive, l'utilisabilité et l'ergonomie. Dans un second temps, à partir de cette revue de littérature nous avons construit un modèle de recherche basé sur cinq propositions de recherche. Par la suite, nous avons détaillé une méthodologie de recherche basée sur une approche exploratoire avec une méthodologie de Design science. Enfin, nous avons appliqué cette méthodologie au cours de trois collectes de données et deux itérations de développements. Grâce à toutes ces étapes, nous avons pu collecter un certain nombre de données qui nous permettent de suggérer des résultats. Par conséquent, ce sixième chapitre a pour objectif de résumer cette recherche et les résultats suggérés.

6.1 Objectif et méthodologie de la recherche

Afin de répondre à cette question de recherche nous nous sommes basés sur une approche exploratoire liée à une méthodologie de design science. En effet, cette approche et cette méthodologie sont complémentaires. L'approche exploratoire nous permet de suggérer des facteurs ayant un impact sur l'utilité perçue tandis que la méthodologie de design science nous demande la création d'un artefact répondant à des critères d'utilité. De plus, cet artefact créé nous permet de tester des propositions de recherche sur les critères impactant l'utilisabilité d'un jeu sérieux. Afin de mener à bien cette recherche, nous nous sommes appuyés sur ERPsim, un jeu sérieux utilisant une simulation. Ce jeu sérieux a pour objectif l'apprentissage de la gestion intégrée d'une organisation au moyen d'un PGI, en l'occurrence SAP. Au cours de cette recherche, nous avons utilisé une méthodologie en trois phases.

La première phase de cette méthodologie consistait en une entrevue semi-structurée avec chacun des participants. L'objectif de cette étape était d'explorer les facteurs impactant la perception d'utilité d'un jeu sérieux et de comprendre les besoins des professeurs. Lors de ces entrevues, nos résultats ont suggéré plusieurs facteurs impactant l'utilité perçue. De plus, nous nous sommes aperçus qu'il y avait une demande vis-à-vis de la possibilité de contrôler les paramètres de la

simulation. Par la suite, ces entrevues nous ont permis de prioriser les paramètres que les professeurs voulaient contrôler. Pour conclure cette première étape, nous avons développé plusieurs ensembles d'interfaces qui ont été testées lors de la seconde étape.

La deuxième phase de cette méthodologie consistait en une observation des participants interagissant avec les ensembles d'interfaces ainsi qu'une courte entrevue. Lors de l'observation, les participants avaient 6 tâches à réaliser. Quatre de ces tâches étaient une analyse des paramètres afin de répondre à des questions tandis que les deux autres consistaient en des créations de scénarios à partir d'instructions fournies. Cette seconde collecte avait pour objectif d'explorer les facteurs impactant la perception de l'utilisabilité et de déterminer les problèmes de conception des ensembles d'interfaces. À la suite de cette seconde collecte, nous avons modifié les ensembles d'interfaces en fonction des commentaires des participants.

La troisième phase de cette méthodologie était aussi constituée d'une observation des participants interagissant avec ensembles d'interfaces, suivie d'une courte entrevue. Lors de cette collecte de données, les participants devaient réaliser deux analyses et deux créations de scénarios. L'objectif de cette étape était d'explorer les facteurs impactant la perception de l'utilisabilité ainsi que de noter les points d'améliorations des nouveaux ensembles d'interfaces.

6.2 Principaux résultats

Les résultats de cette recherche nous suggèrent plusieurs facteurs impactant les perceptions d'utilité et d'utilisabilité d'un jeu sérieux chez les professeurs en TI. Sur les 5 propositions émises en début de recherche, 4 sont supportées tandis qu'une n'est que partiellement supportée.

*P1 : La possibilité de rendre visible des paramètres du jeu sérieux accroît l'utilité perçue par le professeur : **Supportée***

Nos résultats suggèrent que cette proposition est supportée. En effet lors de la première collecte de données 7 participants sur 8 voulaient rendre visibles les paramètres du jeu sérieux. Cette volonté de rendre visibles les paramètres était justifiée par le fait de vouloir montrer aux étudiants à quoi ressemble le scénario et ainsi pouvoir démarrer une conversation sur le déroulement du jeu sérieux. L'explication avancée par les professeurs de pouvoir montrer le marché pour en souligner les aspects réalistes, les points de divergences ainsi que les concepts pédagogiques est en accord

avec la théorie de l'apprentissage situationnelle. En effet cette théorie préconise une discussion entre professeurs et étudiants autour du jeu sérieux (Mouahed *et al.*, 2012).

P2 : La possibilité d'enseigner plusieurs objectifs pédagogiques avec un même jeu sérieux accroît l'utilité perçue par le professeur : Supportée

Nos résultats suggèrent que cette proposition est supportée. En effet lors de la première collecte de données 6 participants sur 8 ont affiché leur volonté d'enseigner plus d'objectifs pédagogiques. Cette volonté de diversité dans les objectifs pédagogiques vient à la fois d'un besoin de présenter d'autres concepts et d'un besoin de mettre les étudiants face à de nouvelles situations afin de s'assurer de leur apprentissage.

P3 : La possibilité de moduler la complexité du jeu sérieux à la zone proximale de développement des étudiants accroît l'utilité perçue par le professeur : Supportée

Nos résultats suggèrent que cette proposition est supportée. En effet lors de la première collecte de données 7 participants sur 8 ont indiqué leur volonté de disposer de scénario *Préconstruit* afin de pouvoir moduler la complexité du jeu sérieux. En plus de cela, 7 participants sur 8 ont mentionné vouloir contrôler au moins un des paramètres du jeu sérieux. Cette volonté s'explique, par le fait que les professeurs ont indiqué vouloir que le jeu sérieux soit simple au début afin d'enseigner rapidement aux étudiants à utiliser le jeu sérieux. Dans un second temps, ils veulent pouvoir accroître la difficulté pour rendre le jeu plus réaliste.

P4 : La mise en place d'outils segmentant les paramètres du jeu sérieux accroît l'utilisabilité perçue par le professeur : Partiellement-supportée

Cette proposition est testée sur deux types de tâches. Le premier type de tâches porte sur les tâches de création et modification tandis que le second type correspond aux tâches d'analyse. Cette proposition est supportée pour les tâches de création et modification lors de la troisième collecte de données. En effet, 5 des 6 participants ont cité les ensembles d'interfaces utilisant une segmentation des paramètres comme plus simple d'utilisation. De plus, on constate moins d'erreurs sur les ensembles d'interfaces utilisant la segmentation des paramètres. Cela peut s'expliquer par le fait que ces ensembles permettent aux professeurs d'être concentrés sur les

paramètres de la variable. En ce qui touche aux tâches d'analyse de marché, cette proposition est non supportée. En effet, la moitié des participants (3) ont indiqué leur préférence pour les ensembles respectant cette segmentation tandis que l'autre moitié a exprimé l'opinion inverse.

*P5 : La mise en place d'outils diminuant les erreurs lors de l'adaptation d'un scénario accroît la facilité d'utilisation perçue par le professeur : **Supportée***

Nos résultats suggèrent que cette proposition est supportée. En effet lors de la deuxième collecte de données 6 participants sur 8 ont indiqué leur préférence pour des interfaces disposant d'outils limitant les erreurs. Cette préférence s'explique, car la mise en place d'outil diminuant les erreurs limitait la charge cognitive en ne montrant que les options pouvant être modifiées. Par conséquent, les professeurs n'utilisent leur charge cognitive que pour de déterminer la valeur qu'ils souhaitent attribuer à un champ.

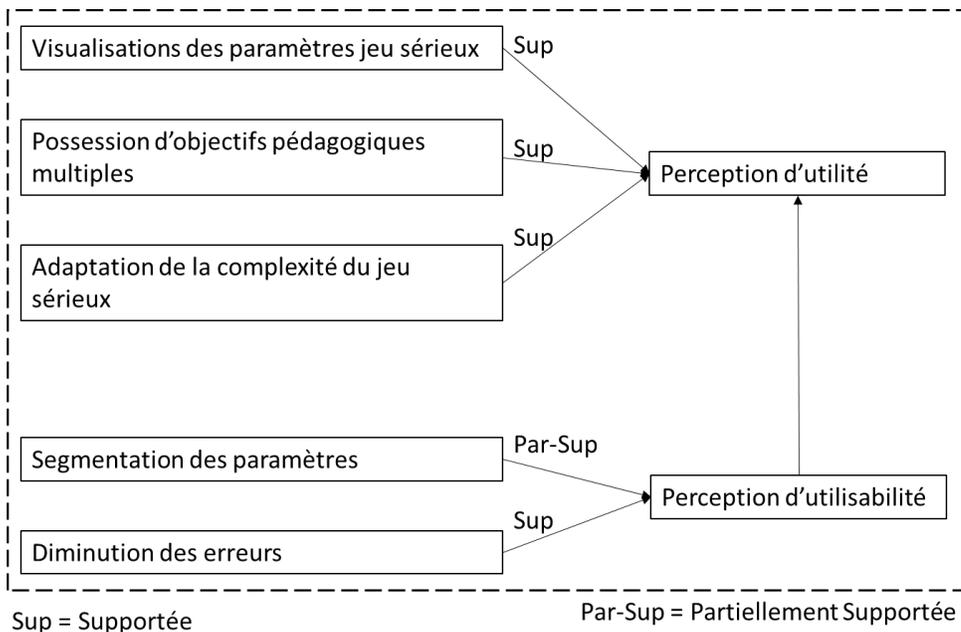


Figure 46 Résultat du modèle de recherche

7. Conclusion

La motivation première de ce mémoire vient du constat que les jeux sérieux deviennent des outils de plus en plus utilisés en éducation. En plus de cela, nous avons constaté que plusieurs facteurs contraignaient leurs utilisation et adoption. Étant donnée cet état de fait nous avons voulu explorer les facteurs qui impactent l'utilité et l'utilisabilité perçues des jeux sérieux. Afin d'accomplir cela, nous avons dans un premier temps étudié les facteurs pouvant impacter l'utilité perçue en étudiant les théories de l'éducation. En effet, nous avons supposé que l'utilité d'un jeu sérieux était liée à sa capacité à aider le professeur à enseigner des concepts pédagogiques. Par conséquent, nous avons étudié la théorie sociale cognitive ainsi que la zone proximale de développement. Lors de ces recherches, nous avons compris qu'un élément clé se situe au niveau de l'arbitrage entre un contexte réaliste et une difficulté abordable. Cet arbitrage devant être fait afin de garantir un équilibre entre une situation authentique permettant un apprentissage situationnel et une difficulté abordable permettant de maintenir les étudiants dans leur zone proximale de développement. Par conséquent, nous avons créé un artéfact qui permet aux professeurs de faire l'arbitrage entre le réalisme et la difficulté. Pour répondre à cet objectif, nous avons étudié les concepts de résolution de problème, charge cognitive, utilisabilité et ergonomie. Ces concepts ont été étudiés afin de comprendre les facteurs ayant un impact sur l'utilisabilité perçue de l'artéfact que nous avons développé. Lors de notre étude des jeux sérieux, nous avons appris que le temps de formation des professeurs représente un frein conséquent à l'adoption de jeu sérieux. Par conséquent, l'artéfact créé doit disposer d'une utilisabilité importante afin que son ajout n'apporte pas une contrainte supplémentaire. Au vu de ces considérations, nous nous étions donc posé la question de recherche suivante : *quels sont les différents facteurs susceptibles d'impacter les perceptions d'utilité et d'utilisabilité d'un jeu sérieux ?*

Nous avons par la suite répondu à cette question de recherche au travers de trois collectes de données. L'analyse de ces données nous a permis de suggérer que 4 de nos propositions de recherche étaient de supporté tandis qu'une n'était que partiellement supportée. En plus de cela, à l'instar de nombreuses recherches, cette étude apporte plusieurs contributions à la fois pratiques et théoriques.

7.1 Contribution pratique

Au cours de ce mémoire, nous avons identifié 7 contributions qui doivent être prises en compte afin d'impacter l'utilité et l'utilisabilité d'un jeu sérieux :

C1 : Il faut offrir aux professeurs la possibilité de montrer des paramètres du jeu sérieux aux étudiants avant, pendant et après la simulation

Cette contribution recommande de faire que le jeu sérieux puisse servir de terrain propice à introduire en début de cours/semestre les concepts pédagogiques que le professeur veut enseigner. Par la suite, il doit permettre au long du cours/semestre de montrer comment ces concepts influent sur le jeu sérieux. Tandis qu'à la fin du cours/semestre, le jeu sérieux doit être en mesure de servir de tremplin pour aborder d'autres notions qui reposent sur celles vues au cours du jeu sérieux.

C2 : Il faut que le jeu sérieux offre plusieurs objectifs pédagogiques en lien avec une discipline (ex. gestion intégrée d'une organisation)

Cette contribution recommande de faire que le jeu sérieux puisse être utilisé à différents moments lors du semestre, cela afin d'aborder différentes notions du cours. De plus, cela créera un avantage au jeu développé, car le professeur n'aura qu'un outil à apprendre pour l'ensemble de son semestre. Par conséquent cela diminuera son temps de formation, le temps de formation de ses étudiants et les coûts associés. Enfin, si ce jeu dispose de plusieurs objectifs pédagogiques en lien avec le cursus général d'une discipline le professeur pourra être amené à l'utiliser dans d'autres cours reliés étant donné que les étudiants seront déjà formés à ce jeu.

C3 : Il faut que le jeu sérieux dispose de moyens d'adapter son niveau de difficulté que cela soit par des scénarios préconstruits ou par une capacité à créer/modifier les scénarios

Cette contribution recommande d'ajouter au jeu sérieux un mécanisme permettant d'adapter le niveau du jeu au niveau des étudiants pour les mettre dans leur zone proximale de développement. Ce mécanisme a pour objectif de faciliter l'apprentissage de l'utilisation du jeu sérieux par les étudiants. Cette facilitation aura pour conséquence de diminuer le temps nécessaire de formation des étudiants et donc la portion du cours dévolue à l'apprentissage de l'utilisation du jeu qui empiète sur le temps d'apprentissage des concepts. De surcroît, cela aura comme avantage de

permettre aux professeurs de maintenir les étudiants dans leur zone proximale de développement ce qui améliorera leur apprentissage. Le dernier avantage est que cette adaptation de la difficulté permettra aux professeurs d'utiliser le jeu sérieux à plusieurs moments durant de leur semestre.

Cependant, la multiplication des niveaux de difficulté couplés aux différents objectifs pédagogiques (C2) peut provoquer des complications au niveau de la maintenance des scénarios. En effet, si le jeu dispose de plusieurs niveaux de difficulté et d'objectifs pédagogiques, et que les scénarios s'intéressent à un objectif ou à la combinaison de plusieurs objectifs alors le nombre de scénarios sera égal à :

$$\text{Nombre de scénario} = (2^{\text{nombre d'objectif pédagogique}} - 1) \times \text{nombre de niveau de difficulté}$$

Par conséquent, soit il faudra investir des efforts importants sur la création et le maintien de ces scénarios (jeu et documentation) ou alors un travail important devra être effectué sur la mise en place d'outils simples pour permettre aux professeurs de créer leurs scénarios.

C4 : Il semble judicieux de recourir à des échelles relatives à la place d'utiliser les valeurs manipulées par le système

Cette contribution recommande que le professeur n'ait pas, au moins dans un premier temps, accès aux valeurs réellement utilisées par le système, mais plutôt à des échelles relatives. En effet, ces échelles relatives permettent au professeur de comparer facilement des éléments différents notamment lors de la création d'un scénario. Pour reprendre un exemple utilisé lors de cette recherche, il semble préférable d'utiliser des échelles relatives pour les sensibilités aux *Prix de Vente* et au *Marketing*, quand bien même leurs valeurs réelles sont très différentes. En effet, cela permet de professeur de facilement créer les objectifs pédagogiques qu'il souhaite, en rendant une sensibilité plus forte qu'une autre, sans se préoccuper des valeurs réelles.

C5 : Il faut lors des étapes de création ou de modifications que chaque variable soit séparée des autres variables

Cette contribution est importante si le jeu sérieux offre la possibilité de créer ou modifier les scénarios. En effet, ce type de tâche est complexe et il est préférable de la ramener à un ensemble de petites tâches plus simples afin de diminuer la charge cognitive nécessaire. Dans notre recherche, nous avons utilisé une séparation sur plusieurs interfaces individuelles. De plus, cette contribution est cohérente avec le concept *d'isolation des éléments* (Pollock, Chandler et Sweller, 2002; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019).

C6 : Il faut que chaque segmentation de variable dispose de tous les éléments nécessaires pour la compréhension, la création ou la modification de cette variable

Cette contribution est importante lors de la mise à disposition d'un jeu sérieux. En effet, le professeur doit avoir accès à toutes les informations utiles lorsqu'il est confronté à une variable et ne doit pas aller chercher l'information dans un autre document. Dans le cas contraire, cela provoquera une difficulté supplémentaire et augmentera la probabilité des erreurs. Or la difficulté de prise en main impacte négativement l'intention d'adoption du jeu sérieux développé. De plus, cela est cohérent avec le concept de *séparation de l'attention* (Chandler et Sweller, 1991; Sweller, Merriënboer et Paas, 2019)

C7 : Il faut que chaque champ de saisie qui n'a pas d'utilité soit bloqué afin de ne pas laisser l'utilisateur saisir une valeur

Cette contribution recommande de diminuer les interactions et les choix possibles du professeur. En effet, cette restriction des choix permettra de diminuer les questionnements que peut avoir le professeur sur la nécessité de saisir une valeur. Par conséquent, il ne devra pas non plus réfléchir à la valeur à saisir, ce qui diminuera la charge cognitive et donc augmentera la facilité perçue de l'utilisabilité. Or comme nous l'avons déjà indiqué, la facilité perçue de l'utilisabilité est un enjeu clé dans l'adoption d'un jeu sérieux.

Les 7 contributions pratiques de cette recherche ont été résumées au sein du tableau ci-dessous.

Contribution
Il faut offrir aux professeurs la possibilité de montrer des paramètres du jeu sérieux aux étudiants avant, pendant et après la simulation
Il faut que le jeu sérieux offre plusieurs objectifs pédagogiques en lien avec une discipline (ex. gestion intégrée d'une organisation)
Il faut que le jeu sérieux dispose de moyens d'adapter son niveau de difficulté que cela soit par des scénarios préconstruits ou par une capacité à créer/modifier les scénarios
Il semble judicieux de recourir à des échelles relatives à la place d'utiliser les valeurs manipulées par le système
Il faut lors des étapes de création ou de modifications que chaque variable soit séparée des autres variables
Il faut que chaque segmentation de variable dispose de tous les éléments nécessaires pour la compréhension, la création ou la modification de cette variable
Il faut que chaque champ de saisie qui n'a pas d'utilité soit bloqué afin de ne pas laisser l'utilisateur saisir une valeur

Tableau 7 Liste des contributions pratiques

7.2 Contribution théorique

Au cours de cette recherche, nous avons exploré les antécédents de la perception d'utilité et d'utilisabilité afin de comprendre les facteurs les impactant. Bien que cette recherche se soit restreinte à 8 professeurs ayant au préalable adopté le jeu sérieux utilisant une simulation qu'est ERPsim, plusieurs contributions théoriques ont pu être faites.

Dans un premier temps, nos résultats nous ont permis de suggérer trois facteurs ayant un impact sur l'utilité perçue, à savoir la visibilité des paramètres, la multiplicité des objectifs pédagogiques et la capacité d'adaptation de la complexité du jeu sérieux.

Le premier facteur impactant l'utilité perçue est la visibilité des paramètres. Ce facteur vient augmenter l'utilité perçue, car il permet aux professeurs de comprendre les éléments interagissant au sein du jeu sérieux. Cette compréhension permet aux professeurs de répondre de manière claire et précise aux questions des étudiants, ce qui est cohérent avec la littérature. De plus, cette visibilité

permet aux professeurs de montrer aux étudiants le fonctionnement du jeu et donc d'amorcer la discussion sur les concepts pédagogiques qu'ils souhaitent aborder.

Le deuxième facteur impactant l'utilité perçue est la multiplicité des objectifs pédagogiques. Ce facteur accroît l'utilité perçue grâce à la possibilité d'utiliser le même jeu sérieux afin d'enseigner plusieurs concepts pédagogiques. Ce facteur est d'autant plus efficace qu'il diminue les besoins de formation. En effet, la multiplicité des objectifs pédagogiques permet aux professeurs de n'avoir à se former que sur un jeu sérieux afin de couvrir plusieurs les objectifs pédagogiques. De surcroît, la diminution des besoins de formation s'étend aussi aux étudiants qui n'ont besoin d'apprendre un jeu sérieux pour l'ensemble du semestre.

Le troisième facteur impactant l'utilité perçue est la capacité d'adaptation de la complexité du jeu sérieux. Ce facteur impact positivement l'utilité perçue via la possibilité offerte aux professeurs d'adapter le jeu sérieux à la zone proximale de développement afin d'améliorer leur apprentissage.

Bien que notre recherche suggère l'impact de ces trois facteurs, d'autres recherches doivent être menées afin de confirmer ou d'infirmier ces suggestions.

Dans un second temps, la deuxième collecte nous permet de suggérer que le critère de diminution des erreurs présent dans les objectifs d'utilisabilité (Nielsen, 2012) et la gestion des erreurs dans les critères d'ergonomie (Scapin et Bastien, 1997) ont un impact positif sur la perception de l'utilisabilité. En effet, nos résultats suggèrent que la présence de mécanisme permettant de limiter les erreurs commises au sein des ensembles d'interfaces provoque une perception de l'utilisabilité plus élevée. Cet accroissement de la perception de l'utilisabilité est notamment engendré grâce au fait que les professeurs n'ont pas à se questionner sur la validité d'une valeur. Par conséquent, cette recherche vient accroître la littérature scientifique supportant les effets de ces critères.

Dans la lignée des critères de diminution et de gestion des erreurs, cette recherche suggère que l'utilisation d'une échelle relative dans l'affichage des paramètres permet une diminution des erreurs et donc par voie de fait une augmentation la perception de l'utilisabilité. En effet, l'utilisation d'une échelle relative permet de simplifier la comparaison entre des paramètres utilisant des unités différentes. Bien que cette recherche suggère cet effet, des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de confirmer ou infirmer cette suggestion.

Dans un troisième temps, cette recherche suggère que l'effet d'isolation des éléments semble avoir un impact sur la perception de l'utilisabilité lorsque le type de tâche demande une création ou une modification. Cependant, ces résultats semblent montrer que cet effet n'a pas d'impact lorsque les tâches consistent en de l'analyse. Par conséquent, cette recherche vient approfondir les connaissances scientifiques sur le sujet de la charge cognitive et des effets la mitigeant en proposant un faisceau de preuve dans le sens que ces effets sont tributaires du type de tâche demandé.

7.3 Limites

À l'instar de toutes les recherches en technologies de l'information, celle-ci dispose de plusieurs limites. Par conséquent, les contributions tant pratiques que théoriques doivent être utilisées avec précaution.

La première limite provient de la taille de l'échantillon qui est constituée de huit participants lors des deux premières collectes de données et de six lors de la dernière collecte. Cette faible taille d'échantillon rend la généralisation des contributions impossibles.

La deuxième limite provient de la composition de l'échantillon. En effet, celui-ci est constitué de professeurs volontaires, participant à l'événement organisé par l'entreprise ERPsim, utilisant actuellement le jeu sérieux ERPsim et ayant une expérience significative avec cet outil. Par conséquent, cet échantillon ne nous fournit pas d'information sur les professeurs non volontaires et ne participant pas à l'événement organisé par l'entreprise ERPsim, or une différence entre ces deux populations est possible. De plus, cet échantillon ne nous permet pas de savoir si les professeurs débutants ou utilisant d'autres jeux sérieux ont leurs perceptions de l'utilité et de l'utilisabilité impacté par les mêmes facteurs. Par conséquent, bien que cet échantillon convient pour le développement de notre artéfact, il ne permet pas une généralisation à d'autres jeux sérieux.

La troisième limite est aussi liée à la composition de l'échantillon. En effet, celui-ci est uniquement composé de professeurs utilisant le jeu sérieux dans un cadre académique. Par conséquent, les données ne peuvent pas être généralisées à l'utilisant des jeux sérieux dans le cadre de formation professionnelle.

La quatrième limite provient de la durée des collectes de données. En effet, les collectes de données se sont déroulées sur une courte période (1 h). Par conséquent, il n'est pas possible de s'assurer que les éléments développés pour répondre aux besoins des professeurs soient réellement utilisés lors des cours offerts par les répondants.

La cinquième limite vient des contraintes techniques rencontrées dans le développement des ensembles d'interfaces. En effet, les limites du logiciel *Axure RP 9* nous ont empêchés de faire les tests de manière optimale. Cela nous a notamment, demandé faire des arbitrages entre les fonctionnalités d'un ensemble d'interfaces et sa performance. Par conséquent, il serait intéressant de faire une troisième phase de tests avec une version optimisée.

Un sixième facteur limitant provient de la barrière de la langue. En effet, les questions et prétests ont été faits en anglais par des locuteurs francophones tandis que les participants étaient en majorité anglophone. Ainsi des inexactitudes dans le sens des questions ou dans la compréhension des réponses sont possibles.

7.4 Recherches futures

Dans l'objectif de pallier aux limites de ce mémoire et d'étendre la recherche sur le sujet des facteurs impactant l'utilité et l'utilisabilité perçues des jeux sérieux, plusieurs recherches futures semblent pertinentes.

En premier lieu, la prochaine recherche devrait être effectuée sur un nombre plus élevé de participants afin d'avoir des données plus complètes. À cela s'ajoute le fait que cet échantillon devrait être étendu aux professeurs ayant moins d'expérience et utilisant d'autres jeux sérieux afin d'être en mesure de généraliser les résultats trouvés.

En second lieu, la prochaine phase de recherche devrait utiliser des interfaces programmées et optimisées afin de limiter la nécessité d'arbitrer entre la performance et les fonctionnalités. Ce changement devrait permettre de renforcer la validité du lien entre la diminution des erreurs et la facilité d'utilisation qui a grandement été affecté par les arbitrages.

En troisième lieu, cette recherche devrait s'étendre sur l'impact qu'a la mise en place d'interface de création/modification ou de scénario préconstruit sur les étudiants. En effet, l'objectif à terme

de ces éléments, au-delà de l'adoption par les enseignants, demeure de permettre d'adapter la complexité de la simulation pour que les étudiants soient dans leur zone proximale de développement. Par conséquent, une étude de l'efficacité de ces solutions au sein d'une classe serait pertinente.

En conclusion de ce mémoire, l'ensemble de nos résultats suggèrent que les antécédents impactant l'utilité d'un jeu sérieux sont reliés aux possibilités d'utiliser le jeu sérieux comme accompagnateur du cours. Par conséquent, le jeu sérieux doit pouvoir servir de point de départ à la discussion de concept et doit permettre d'aborder des notions variées tout en étant adaptables au niveau des étudiants. De plus, il semble possible de donner aux professeurs le contrôle de cette difficulté, à condition que les interfaces dédiées à cette modulation soient optimisées pour rendre la tâche de création et modification simple d'utilisation. Pour cela nos résultats suggèrent qu'il faut privilégier des interfaces qui segmentent les variables et n'affichent que les informations pouvant être modifiées. De plus, il semble préférable d'utiliser des échelles relatives lors de ces tâches afin que les professeurs puissent choisir de mettre en avant un concept pédagogique sans pour autant pouvoir faire sortir la valeur de la variable en dehors des limites déterminées par les créateurs du jeu sérieux.

8. Bibliographie

- Allied_Market_Research (2017). Serious games market by user type (enterprises and consumers), application (advertising & marketing, simulation training, research & planning, human resources, and others), and industry vertical (healthcare, aerospace & defense, government, education, retail, media & entertainment, and others) - global opportunity analysis and industry forecast, 2016-2023. 2019 de <https://www.alliedmarketresearch.com/serious-games-market>
- ATD Research (2019). 2018 state of the industry, Association for Talent Development. Récupéré le 2019-08-27
- Axure (2019). Dynamic panel widgets, Axure <https://docs.axure.com/axure-rp/widgets/dynamic-panels/>
- Bolt, Melesa Altizer, Larry N. Killough et Hian Chye Koh (2007). « Testing the interaction effects of task complexity in computer training using the social cognitive model », *Decision Science*, vol. 32, no 1, p. 1-20.
- Bolton, Michele Kremen (1999). « The role of coaching in student teams: A “just-in-time” approach to learning », *JOURNAL OF MANAGEMENT EDUCATION*, vol. 23, no 3.
- Cameron, Ann-Frances, Marie-Claude Trudel, Ryad Titah et Pierre-Majorique Léger (2012). « The live teaching case: A new is method and its application », *Journal of Information Technology Education: Research* vol. 11, p. 27-42.
- Chandler, Paul et John Sweller (1991). « Cognitive load theory and the format of instruction », *COGNITION AND INSTRUCTION*, vol. 8, no 4, p. 293-332
- CNRTL (2019). Problème, Centre National de Ressource Textuelles et Lexicales. <https://www.cnrtl.fr/definition/probl%C3%A8me>
- Connolly, Thomas et Mark Stansfield (2006). « Using games-based elearning technologies in overcoming difficulties in teaching information systems », *Journal of Information Technology Education* vol. 5.
- Davis, Fred D. (1989). « Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information », *MIS Quarterly*, vol. 13, no 3, p. 319-340.
- De Bleecker, Inge (2018). *Remote usability testing : Actionable insights in user behavior across geographies and time zones*, Packt Publishing.
- De Gloria, Alessandro , Francesco Bellotti, Riccardo Berta et Elisa Lavagnino (2014). « Serious games for education and training », *International Journal of Serious Games*, vol. 1, no 1.
- Dhennin, Amandine (2011). *Conceptualisation de la qualité des dossiers de justification de projets* ti M.SC., HEC Montréal.

- Djaouti, Damien , Julian Alvarez, Jean-Pierre Jessel et Olivier Rampnoux (2011). « Chapter 3 origins of serious games », *Serious Games and Edutainment Applications*, p. 25 - 40.
- Dochy, Filip, Mien Segers, Piet Van den Bossche et David Gijbels (20013). « Effects of problem-based learning: A meta-analysis », *Learning and Instruction*, vol. 13, no 5, p. 533-568.
- ERPsim Lab, HEC Montréal (2019). Learning portal. 2019 de <https://erpsim.hec.ca/fr/learning>
- Freifeld, Lorri (2019). *2018 training industry report*, TrainingMag. Récupéré de <https://trainingmag.com/sites/default/files/trn-2018-industry-report.pdf>
- Gaudet-Lafontaine, Félix, Pierre-Majorique Léger, Elise Labonté-LeMoynes, Patrick Charland et Timothy Paul Cronan (2016). « Combining vicarious and enactive training in is: Does order matter? », communication présentée au *Gmunden Retreat on NeuroIS 2016*,
- Graafland, M, J.M. Schraagen et M.P. Schijven (2012). « Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training », *British Journal of Surgery*.
- Grantcharov, T.P., V.B. Kristiansen, J Bendix, L Bardram, J Rosenberg et P Funch-Jensen (2003). « Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training », *British Journal of Surgery*, vol. 91, no 2, p. 146-150.
- Gupta, Saurabh et Robert Bostrom (2013). « An investigation of the appropriation of technology-mediated training methods incorporating enactive and collaborative learning », vol. 24, no 2, p. 454-469.
- Gupta, Saurabh, Robert Bostrom et Mark Huber (2010). « End-user training methods: What we know, need to know », *ACM SIGMIS DATABASE*, vol. 41, no 4.
- Harland, Tony (2003). « Vygotsky's zone of proximal development and problem-based learning: Linking a theoretical concept with practice through action research », *Teaching in Higher Education*, vol. 8, no 2, p. 263–272.
- Hevner, Alan R, Salvatore T March, Jinsoo Park et Sudha Ram (2004). « Design science in information systems research », *MIS Quarterly*, vol. 28, no 1, p. 75-105.
- Hollender, Nina, Cristian Hofmann, Michael Deneke et Bernhard Schmitz (2010). « Integrating cognitive load theory and concepts of human-computer interaction », *Computers in Human Behavior*, vol. 26.
- International, ASME (2000). *The link flight trainer : A historic mechanical engineering landmark* Roberson Museum and Science Center, Binghamton.
- ISO (2018). Ergonomics of human-system interaction -- part 11: Usability: Definitions and concepts, International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/63500.html>

- Jonassen, David H (2000). « Toward a design theory of problem solving », *Educational Technology; Research and Development*, vol. 48, no 4, p. 63-85.
- Klepsch, Melina, Florian Schmitz et Tina Seufert (2017). « Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous, and germane cognitive load », *Frontiers in Psychology*, vol. 8.
- Kumar, Ranjit (2014). *Research methodology : A step-by-step guide for beginners (4th ed)*, Sage Publications.
- Lee, Hau, V Padmanabhan et Seungjin Whang (1997). « The bullwhip effect in supply chains », *SLOAN MANAGEMENT REVIEW*, p. 93-102.
- Léger, Pierre-Majorique (2006). « Using a simulation game approach to teach erp concepts », *Journal of Information Systems Education* p. 3-15.
- Léger, Pierre-Majorique, Patrick Charland, Harvey D Feldstein, Jacqies Robert, Gilbert Babin et Derick Lyle (2011). « Business simulation training in information technology education: Guidelines for new approaches in it training », *Journal of Information Technology Education* vol. 10.
- Léger, Pierre-Majorique, Timothy Paul Cronan, Patrick Charland, Robert Pellerin, Gilbert Babin et Jacques Robert (2012). « Authentic om problem solving in an erp context », *International Journal of Operations & Production Management* vol. 32, no 12, p. 1375-1394.
- Léger, Pierre-Majorique, Fred D. Davis, Timothy Paul Cronan et Julien Perret (2014). « Neurophysiological correlates of cognitive absorption in an enactive training context », *Computers in Human Behavior*, vol. 34, p. 273-283.
- Miller, George A. (1956). « The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information », *Psychological Review*, vol. 101, no 2, p. 343-352.
- Mouahed, Houda, Ahmed Fahli, Mohammed Moussetad et Said Eljamali (2012). « The serious game what educational benefits ? », *Procedia - Social and Behavioral Sciences* vol. 46, p. 5502 – 5508.
- Nielsen, Jakob (2012). Usability 101: Introduction to usability, NN/g Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- Paas, Fred (1992). « Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach », *Journal of Educational Psychology*, vol. 84, no 4, p. 429-434.
- Paas, Fred, Juhani E. Tuovinen, Huib Tabbers et Pascal W. M. Van Gerven (2003). « Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory », *Educational Psychologist*, vol. 38, no 1, p. 63-71.

- Pollock, E, Paul Chandler et John Sweller (2002). « Assimilating complex information », *Learning and Instruction* vol. 12, p. 61–86
- Rubin, Herbert J (2005). *Qualitative interviewing : The art of hearing data 2nd ed*, Sage Publication.
- Scapin, Dominique L et J.M. Christian Bastien (1997). « Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems », *BEHAVIOUR & INFORMATION TECHNOLOGY*, vol. 16, no 4/5, p. 220 - 231.
- Schunk, Dale H. (2012). *Learning theories an educational perspective*.
- Scott, Judy E. et Steven Walczak (2009). « Cognitive engagement with a multimedia erp training tool : Assessing computer self-efficacy and technology », *Information & Management* vol. 46, p. 221–232.
- Smagorinsky, Peter (2011). *Vygotsky and literacy research a methodological framework* vol. 2.
- Susi, Tarja, Mikael Johannesson et Per Backlund (2007). *Serious games – an overview : Technical report hs- iki -tr-07-001* School of Humanities and Informatics University of Skövde, Sweden
- Sweller, John (1988). « Cognitive load during problem solving: Effects on learning », *COGNITIVE SCIENCE* vol. 12, p. 257-285
- Sweller, John (2004). « Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture », *Instructional Science*, vol. 32, p. 9–31.
- Sweller, John (2010). « Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load », *Educ Psychol Rev* vol. 22, p. 123-138.
- Sweller, John et Graham A. Cooper (1985). « The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra », *COGNITION AND INSTRUCTION*, vol. 2, no 1, p. 59-89.
- Sweller, John et Marvin Levine (1982). « Effects of goal specificity on means-ends analysis and learning », *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* vol. 8, no 5, p. 463-474.
- Sweller, John, Jeroen J. G. van Merriënboer et Fred Paas (2019). « Cognitive architecture and instructional design: 20 years later », *Educational Psychology Review*
- Sweller, John, Jeroen J. G. Van Merriënboer et Fred Paas (1998). « Cognitive architecture and instructional design », *Educational Psychology Review*, vol. 10, no 3.

Taconis, R, M.G.M. Ferguson-Hessler et H. Broekkamp (2001). « Teaching science problem solving: An overview of experimental work », *JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING*, vol. 38, no 4.

Van Eck, Richard (2006). « Digital game based learning it's not just the digital natives who are restless », *EDUCAUSE*, vol. 41, no 2, p. 1-16.

Wood, David, Jérôme S Bruner et Gail Ross (1976). « The role of tutoring in problem solving », *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. 17, p. 89-100.

9. Annexes

Annexe 1 : Guide d'entrevue

Introduction

- Introduce the researcher responsible for conducting the interview and explain the interview.
- Request permission to save the conversation
- Repeat the privacy rules.

Warm-up

- Under what circumstances do you use ERPsim (student level, course subject)?
- How do you use ERPsim in your courses?

Main subject

Current situation

- How would you describe your level of knowledge about how the market works? Can you describe to me the understanding you have of its current mechanism? (Market preference, market change, marketing impact, price sensitivity, quality sensitivity)
- How would you describe your level of control over the market? Do you understand the impact of a decision on it?
- Do you consider that the current mechanism allows you to achieve your pedagogical objectives?

Need for improvement

- What elements would you like to be able to control regarding the market? Why?
- What information would you like to have during your course about the market? Why?
- In your opinion, can the ability to control the market allows you to improve the use of ERPsim in your course? Why?

Another Need

- Could you tell us what other improvements we could make in the ERPsim console and why do they seem necessary? In addition, could you rank them in order of importance including market control?

Conclusion

- Are there any undiscussed items that you would like to share with us?
- Thank the participant. Explain the next steps for the data collection. Ask for his consent again. Finish recording.

Annexe 2 : Exemple Tâche d'analyse

- What is the product with the lowest preference? How much is it?
- What is the largest size of the market? On what round?
- What is the biggest variation in the size of the market? On what round?
- What is the market share of the North during the round 5?
- Which product is the most elastic? In which DC? What is the value of its elasticity?
- What is the product with the highest minimal marketing investment? How much is it?

Annexe 3 : Exemple Tâche de création

- Market preference: Own preference
 - Only products containing Raisin, Original or Mixed are purchased.
 - Products with Mixed are only purchased per 1 kg
 - The North does not buy any products
 - Raisins are purchased three times more than Original and Original are purchased two times more than Mixed
- Market variation : Own preference
 - Market size increases by 4% every 5 rounds (first increase in round 2)
 - The proportion of sales between the two remaining regions must remain constant
- Price elasticity: Own preference
 - The price elasticity must be
 - DC 10: Elastic
 - DC 12: Neutral
 - DC 14: Inelastic
- Marketing sensitivity : Own preference
 - The minimal marketing investment must be
 - Nuts: 100
 - Strawberry: 500
 - Blueberry: 3500
- The marketing bonus must be:
 - DC 10: 0,6
 - DC 12: 1,3
 - DC 14: 2,1

Annexe 4 : Données démographiques

- 1) What is your age group (20-29 years old, 30-39 years old, 40-49 years old ...)?
- 2) What is your level of education (Bachelor, Master, Doctorate, etc.)?
- 3) What was your ERPsim certification level before the UserGroup (None, Level 1, Level 2)?
- 4) How many years of experience do you have with ERPsim (0 to 1, 2 to 4, 5 and +)?
- 5) Have you played with the manufacturing game (Yes, No)?