

UNIVERSITÉ TOULOUSE III PAUL SABATIER
FACULTÉ DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

Année 2019

2019/TOU3/2007

MÉMOIRE DU DIPLÔME D'ÉTUDES SPÉCIALISÉES de
PHARMACIE HOSPITALIÈRE

Tenant lieu de thèse pour l'obtention du
DIPLÔME d'ÉTAT de DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement

Le 01 Mars 2019 à Bordeaux

Par **Manon TEYTAUD**

Née le 16 Octobre 1989 à Sarlat-La-Canéda

INNOVATION PÉDAGOGIQUE POUR LA
MANIPULATION ASEPTIQUE A L'HÔPITAL :
DÉVELOPPEMENT D'UN *SERIOUS GAME*

Directeur de thèse

Dr Audrey JOURAND

Jury

Pr Sylvie CRAUSTE-MANCIET	Professeur des Universités, Praticien hospitalier	Président
Pr Antoine DUPUIS	Professeur des Universités, Praticien hospitalier	Juge
Dr Pascal ROHRBACH	Praticien hospitalier	Juge



Université
de Toulouse

THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par *l'Université Toulouse III – Paul Sabatier*

Discipline : *Pharmacie hospitalière*

Présentée et soutenue par *Manon TEYTAUD*
Le 01 Mars 2019

Titre : *Innovation pédagogique pour la manipulation
aseptique à l'hôpital : développement d'un Serious
Game*

JURY

Pr Sylvie CRAUSTE-MANCIET	Professeur des Universités, Praticien hospitalier	Président
Pr Antoine DUPUIS	Professeur des Universités, Praticien hospitalier	Juge
Dr Pascal ROHRBACH	Praticien hospitalier	Juge

Directeur de thèse : *Dr Audrey JOURAND*

PERSONNEL ENSEIGNANT
de la Faculté des Sciences Pharmaceutiques de l'Université Paul Sabatier
au 08 janvier 2018

Professeurs Emérites

M. BENOIST H.	Immunologie
M. BERNADOU J.	Chimie Thérapeutique
M. CAMPISTRON G.	Physiologie
M. CHAVANT L.	Mycologie
M. MOULIS C.	Pharmacognosie
M. ROUGE P.	Biologie Cellulaire
M. SIE P.	Hématologie

Professeurs des Universités

Hospitolo-Universitaires

Mme AYYOUB M.	Immunologie
M. CHATELUT E.	Pharmacologie
M. FAVRE G.	Biochimie
Mme GANDA P.	Pharmacologie
M. PARIN A.	Physiologie
M. PASQUIER C. (Doyen)	Bactériologie - Virologie
Mme ROQUES C.	Bactériologie - Virologie
Mme ROUSSIN A.	Pharmacologie
Mme SALLERIN B.	Pharmacie Clinique
M. VALENTIN A.	Parasitologie

Universitaires

Mme BARRE A.	Biologie
Mme BAZARD G.	Chimie pharmaceutique
Mme BENDERBOUS S.	Mathématiques – Biostat.
Mme BERNARDES-GÉNÉSSON V.	Chimie thérapeutique
Mme COUDERC B.	Biochimie
M. CUSSAC D. (Vice-Doyen)	Physiologie
Mme SIXOU S.	Biochimie
M. FABRE N.	Pharmacognosie
M. GAIRIN J-E.	Pharmacologie
Mme GIRÓD-FULLANA S.	Pharmacie Galénique
Mme MULLER-STAUMONT C.	Toxicologie - Sémiologie
Mme NEPVEU F.	Chimie analytique
M. SALLES B.	Toxicologie
M. SEGUI B.	Biologie Cellulaire
M. SOUCHARD J-P.	Chimie analytique
Mme TABOULET F.	Droit Pharmaceutique
M. VERHAEGHE P.	Chimie Thérapeutique

Maitres de Conférences des Universités

Hospitalo-Universitaires

M. CESTAC P.	Pharmacie Clinique
Mme DE MAS MANSAT V. (*)	Hématologie
Mme JUILARD-CONDAT B.	Droit Pharmaceutique
M. PUISSET F.	Pharmacie Clinique
Mme ROUZAUD-LABORDE C.	Pharmacie Clinique
Mme SERONIE-VIVIEN S.	Biochimie
Mme THOMAS F. (*)	Pharmacologie

Universitaires

Mme ARELLANO C. (*)	Chimie Thérapeutique
Mme AÜTHER H.	Parasitologie
M. BERGE M. (*)	Bactériologie - Virologie
Mme BON C.	Biophysique
M. BOUAILLA J. (*)	Chimie analytique
Mme BOUTET E. (*)	Toxicologie - Sémiologie
M. BROUILLET F.	Pharmacie Galénique
Mme CABOU C.	Physiologie
Mme CAZALBOU S. (*)	Pharmacie Galénique
Mme CHÄPUY-REGAUD S.	Bactériologie - Virologie
Mme COLACIOS-VIATGE C.	Immunologie
Mme COSTE A. (*)	Parasitologie
M. DELCOURT N.	Biochimie
Mme DÉRAEVE C.	Chimie Thérapeutique
Mme ECHNARD-DOUIN V.	Physiologie
Mme EL GARAH F.	Chimie Pharmaceutique
Mme EL HAGE S.	Chimie Pharmaceutique
Mme FALLONE F.	Toxicologie
Mme FERNANDEZ-VIDAL A.	Toxicologie
Mme HALOVA-LAJDIE B.	Chimie Pharmaceutique
Mme JOUANJUS E.	Pharmacologie
Mme LAJOLIE-MAZENC J.	Biochimie
Mme LEFEVRE L.	Physiologie
Mme LE LÄMER A-C.	Pharmacognosie
M. LEMARIE A.	Biochimie
M. MARTI G.	Pharmacognosie
Mme MIREY G. (*)	Toxicologie
Mme MONFERRAN S.	Biochimie
M. OLICHON A.	Biochimie
Mme REYBIER-VUATToux K. (*)	Chimie Analytique
M. SAINTE-MARIE Y.	Physiologie
M. STIGLIANI J-L.	Chimie Pharmaceutique
M. SUDOR J. (*)	Chimie Analytique
Mme TERRISSE A-D.	Hématologie
Mme TOURRETTE-DIALO A.	Pharmacie Galénique
Mme VANSTEEELANDT M.	Pharmacognosie
Mme WHITE-KONING M. (*)	Mathématiques

(*) Titulaire de l'habilitation à diriger des recherches (HDR)

Enseignants non titulaires

Assistants Hospitalo-Universitaires

Mme COOL C.	Physiologie
M. MOUMENI A.	Biochimie
M. METSU D.	Pharmacologie
Mme PALUDETTO M-N.	Chimie thérapeutique
M. PAGES A.	Pharmacie Clinique
M. PERES M.	Immunologie
Mme SALABERT A.S.	Biophysique

Remerciements

A Madame le Professeur Sylvie CRAUSTE-MANCIET,

Vous me faites l'honneur de présider ce jury. Je vous remercie vivement pour votre investissement et votre encadrement. Soyez assurée de ma sincère gratitude et de mon profond respect.

A Madame le Docteur Audrey JOURAND,

Je te remercie profondément pour ton encadrement, ta patience et ta disponibilité tout au long de ce travail. Sois assurée de ma profonde reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Antoine DUPUIS,

Vous me faites l'honneur de prendre part à ce jury. Veuillez trouver ici l'expression de ma reconnaissance et de mes sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur Pascal ROHRBACH,

Je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail et de votre implication au cours de ce projet. Soyez assuré de mes remerciements les plus sincères et de ma profonde considération.

A ma famille

A mes parents,

Vous m'avez permis de suivre ces longues études avec courage et persévérance. Votre soutien absolu a été essentiel, tout comme votre réconfort dans les moments difficiles. Je vous remercie pour votre patience, votre écoute, vos conseils qui m'ont été si précieux. Cette réussite est aussi la vôtre. Je vous aime.

A ma sœur,

Je te remercie pour ton soutien sans faille et ta présence malgré la distance qui m'ont été chers durant toutes ces années. Notre complicité est éternelle...

Je n'oublie pas mon beau-frère, Arnaud et ma nièce Victoire, qui fait de moi une tatie comblée.

A Pierre,

Parce que ta présence et ton soutien au quotidien sont essentiels à mon équilibre. L'avenir nous appartient.

A mon fils, Marius,

Mon plus grand bonheur. Merci de faire de chaque instant un moment unique et magique. Je suis si fière de te voir grandir et devenir chaque jour un merveilleux petit homme...Je t'aime.

A mes grands-parents,

Vous étiez si fiers de mon parcours. A votre question si récurrente « Quand est-ce que tu finis ? » j'ai enfin la réponse ! Vous êtes malheureusement partis trop tôt pour partager ce moment avec nous. Vous êtes au cœur de nos pensées ...

A parrain et marraine,

Pour votre présence, votre soutien et tous ces merveilleux moments que vous nous avez permis de vivre.

A ma famille, mes oncles et tantes, mes cousins et cousines,

Pour votre présence, dans la joie comme dans la peine...je suis si heureuse de vous avoir à mes côtés.

A Solène,

Pour ces souvenirs d'enfance!! Les moments partagés se font plus rares mais quel bonheur de se revoir dès que l'on en a l'occasion.

A ma belle-famille,

Pour votre joie de vivre et votre intégration.

A mes amis

A mes amis de la fac,

Marie, Paul, Audrey, Adrian, Agathe, Vincent, Olivier, Etienne, Mathias,

Que de bons moments passés ensemble. Nos vies professionnelles nous ont parfois éloignées mais le bonheur de vous retrouver est toujours aussi immense...

A ces belles rencontres de l'internat,

Caro, Lucie, Carole, Elina, Marine, Camille, Léa, Benjamin,

Pour votre soutien, vos précieux conseils, et surtout votre bonne humeur... L'internat offre la chance de pouvoir travailler avec ses amis. Les nombreux fous rires ont fait de ces 4 ans une expérience unique. Que cette amitié soit encore longue !!

A Marion et Mathieu,

Pour toutes ces parties de Squash !! Votre soutien, ces moments partagés et le plaisir de se retrouver.

A Sophie, Virginie, Mimi,

Pour votre bonne humeur au quotidien et tous ces supers moments passés ensemble...j'espère qu'il y en aura encore beaucoup.

A tous mes co-internes :

Thomas, Théa, Kevin, Olivier, Jessica, Lucie, Marin, Marine, Mathilde, Pierre, Emilie, Bérangère, Gabie, Laura, Chloé...

A l'ensemble des équipes avec lesquelles j'ai travaillé,

A l'équipe de la PUI de Haut Lévêque,

Merci à tous. Ces nombreux semestres passés à vos côtés m'ont beaucoup apporté.

A Michèle,

Pour ton écoute, ton soutien et tes précieux conseils.

A Vincent,

Pour votre savoir et votre bonne humeur... Le « chat barré » restera à jamais ;)

A l'ensemble de l'équipe de la PDMS,

Pour ce super semestre où j'ai beaucoup appris.

A Aurélie,

Pour ton accessibilité, ton savoir et ton accompagnement durant ce semestre.

A l'équipe du CSMR de Podensac,

Laurent, Armelle, Emmanuelle, Guylaine et Pascale, pour votre soutien, votre écoute et votre bonne humeur. Que notre collaboration soit encore longue !

Liste des abréviations

AC : Anticancéreux

ADIPh : Association pour le Digital et l'Information en pharmacie

ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé

BPF : Bonnes Pratiques de Fabrication

BPP : Bonnes Pratiques de Préparation

BPPH : Bonnes Pratiques de Préparation Hospitalière

CHU : Centre Hospitalo-Universitaire

CH : Centre Hospitalier

EPC : Equipement de Protection Collective

EPI : Equipement de Protection Individuelle

GERPAC : Groupe d'Évaluation et de Recherche pour la Protection en Atmosphère Contrôlée

HAS : Haute Autorité de Santé

IDE : Infirmier (ère) Diplômé(e) d'Etat

INPL : Institut National Polytechnique de Lorraine

LISEC : Laboratoire Interuniversitaire des Sciences de l'Education et de la Communication

PA : Principe Actif

QCM : Questionnaire à choix multiple

SG : *Serious Game*

TIC : Technologies de l'Information et de la Communication

TICE : Technologies de l'Information et de la communication appliquées à l'Enseignement

TRA : Test de Remplissage Aseptique

TSB : Bouillon Tryptone Soja

UPS : Unité de Production Stérile

ZAC : Zone à Atmosphère Contrôlée

Table des matières

Remerciements	4
Liste des abréviations	9
Table des matières	11
Liste des figures	16
Liste des tableaux.....	16
Liste des annexes.....	19
Introduction.....	21
Partie 1 : Simulation en santé : concepts et techniques	23
I. Place de la simulation en santé	24
A. Formation professionnelle : de la pédagogie à l'andragogie	24
1. Place de la simulation dans les méthodes pédagogiques.....	24
2. Principe de l'andragogie	26
B. Bases conceptuelles de la simulation.....	28
1. L'apprentissage par l'expérience	28
2. Apprentissage en contexte authentique.....	29
3. Le débriefing	30
C. Les différents types de simulation en santé	31
1. Simulation organique humaine: le patient standardisé.....	31
2. Simulation non organique synthétique	32
a. La simulation procédurale.....	32
b. La simulation haute-fidélité	32
3. La simulation non organique virtuelle.....	32
a. La réalité virtuelle	32

b.	Environnement 3D	33
II.	Les <i>Serious Games</i> en santé.....	33
A.	Etat des lieux des <i>Serious Games</i> existants	33
B.	Prérequis à la conception d'un <i>Serious Game</i>	38
1.	Comment définir les objectifs pédagogiques ?	38
2.	Comment obtenir un outil attractif et adapté ?	38
a.	Modèle d'acceptation des technologies	39
b.	Critères ergonomiques du <i>Serious Game</i>	39
3.	La théorie du conflit instrumental	41
C.	Conception des <i>Serious Games</i> : de la théorie aux essais du prototype	42
1.	Principes de l'ingénierie pédagogique : la méthode ADDIE.....	42
2.	Contrôle qualité du <i>Serious Game</i> en cours de développement : de la méthode aux évolutions du logiciel	44
a.	Facette 1 : les objectifs pédagogiques.....	45
b.	Facette 2 : la simulation du domaine	46
c.	Facette 3 : les interactions avec la simulation	46
d.	Facette 4 : problèmes et progression	46
e.	Facette 5 : le décorum.....	47
f.	Facette 6 : les conditions d'utilisation.....	47
Partie 2 : Formation des opérateurs en unité de production stérile (UPS) : l'opportunité du <i>Serious game</i>		49
I.	La formation du personnel : aspects règlementaires	50
A.	Les textes règlementaires	50
1.	Code de la Santé Publique	50
2.	Loi Hôpital, Patient, Santé et Territoire (HPST)	50

3.	Arrêté du 6 Avril 2011	51
B.	Les référentiels Nationaux.....	51
1.	Les Bonnes Pratiques de Pharmacie Hospitalière	51
2.	Les Bonnes Pratiques de Préparation (BPP).....	51
II.	La formation interne du personnel en UPS : état de l'art	53
A.	La formation interne : une pratique systématique ?.....	53
B.	La formation interne : par quels moyens pédagogiques ?.....	53
1.	Les supports informatiques	53
a.	Les diaporamas	53
b.	Les films	53
2.	Le e-learning.....	54
a.	Les quiz en ligne du GERPAC.....	54
b.	Les formations onco-TICE du réseau Oncolor®	55
3.	Les jeux	56
a.	Les jeux de cartes	56
b.	Le Trivial Pursuit®	57
4.	Le compagnonnage ou tutorat	58
5.	La simulation.....	58
a.	La simulation <i>In-Situ</i>	58
b.	La simulation en réalité virtuelle	60
C.	Quels sont actuellement les limites à la formation professionnelle en UPS ?	61
1.	Les limites en lien avec les méthodes de formation.....	62
2.	Limites en lien avec le contexte de travail.....	63

III. La simulation virtuelle : une solution adaptée à la formation opérateurs UPS ?	64
Partie 3 : Développement d'un Serious Game adapté à la formation des opérateurs en UPS	67
I. Conception du <i>Serious Game</i>	68
A. Composition du groupe de travail	68
B. Application de la méthode ADDIE	70
1. Première phase : la phase d'Analyse	70
a. Analyse des besoins de formation	70
b. Détermination du public cible	71
c. Détermination de l'environnement simulé	71
2. La deuxième phase : phase de Design	72
a. Détermination de l'objet didactique	72
b. Détermination de l'objet pédagogique	74
c. Détermination des méthodes d'évaluation de l'apprenant intégré au SG	79
3. La phase de développement	80
4. La phase d'évaluation du prototype : les tests en cours de développement	81
a. Le respect de la simulation en contexte authentique	81
b. Evaluation de l'ergonomie de l'outil	84
5. Evaluation de l'adaptabilité du logiciel et des scénarios simulés	91
C. L'évaluation du <i>Serious Game</i> : les tests en conditions réelles	94
1. Les tests d'efficacité du LISEC	94
2. Evaluation du SG en interne : modèle de Kirkpatrick	94
a. Modèle théorique de Kirkpatrick	94

b.	Création des outils d'évaluation.....	95
II.	Quelles perspectives d'utilisation pour l'outil conçu?	98
A.	En pratique, comment positionner le jeu dans le parcours de formation ? .	98
1.	Intégration du SG dans le parcours de formation interne.....	98
2.	Intégration dans le parcours de formation initial.....	99
3.	Pour une formation en e-learning ou en présentiel ?	100
B.	Comment définir le formateur ?.....	101
C.	Quelles évolutions du logiciel pourraient être envisagées ?.....	101
1.	Vers une amélioration du contexte authentique	102
2.	Vers de nouveaux scénarios et de nouvelles compétences	102
	Conclusion.....	104
	Annexes.....	106
	Bibliographie.....	116

Liste des figures

FIGURE 1: APPRENTISSAGE PAR L'EXPERIENCE: CYCLE DE KOLB.....	28
FIGURE 2: LES DIFFERENTS CHAMPS DE LA SIMULATION EN SANTE (FACULTE DE MEDECINE, LIEGE[13])	31
FIGURE 3:CAPTAIN NOVOLIN® (NINTENDO)	34
FIGURE 4: RE-MISSION® (HOPELAB)	34
FIGURE 5: VORACY FISH® (GENIOUS/DIDACT)	34
FIGURE 6: FOLDIT® (UNIVERSITE DE WASHINGTON).....	34
FIGURE 7: PULSE® (BREAKWAY GAMES).....	35
FIGURE 8: CLINISPACE® (INNOVATION IN LEARNING INC).....	35
FIGURE 9: 3D VIRTUAL OPERATING ROOM® (SERIOUS GAME RESEARCH NETWORK)	35
FIGURE 10: E-CADUCEE® (PROFFITEROLE)	36
FIGURE 11: IATROMED 360°® (ADIPH, VRV PROD).....	36
FIGURE 12: SIMUPAC 360°® (ADIPH).....	37
FIGURE 13:LABQUEST® (WITHEQUEST).....	37
FIGURE 14: MODELE D'ACCEPTATION DES TECHNOLOGIES DE DAVIS	39
FIGURE 15: EXEMPLE DE GUIDAGE UTILISE SUR UNE INTERFACE NUMERIQUE	40
FIGURE 16: MODELE ADDIE	42
FIGURE 17: LES 6 FACETTES DU SERIOUS GAME SELON MARNE AND AL [29].....	45
FIGURE 18: RECTO-VERSO D'UNE CARTE DEVELOPEE PAR LE CH D'ANGOULEME	56
FIGURE 19: PLATEAU ET EXEMPLE DE CARTE QUESTION/REPOSE DU TRIVIAL PURSUIT® DU CHU DE POITIERS	57
FIGURE 20: REPARTITION DES SUPPORTS UTILISES POUR LA FORMATION THEORIQUE, ANNE COLOMBE AND AL [40].....	62
FIGURE 21: REPARTITION DES SUPPORTS UTILISES POUR LA FORMATION PRATIQUE, ANNE COLOMBE AND AL[40].....	62
FIGURE 22:SCHEMA GLOBAL DU DEVELOPPEMENT ET ROLE DES DIFFERENTS ACTEURS.....	69
FIGURE 23 : PLAN DE L'ENVIRONNEMENT SIMULE	72
FIGURE 24 : PLAN DE L'ENVIRONNEMENT ET NIVEAU DE PROPRETE DES SALLES	72
FIGURE 25 : EXEMPLE DE POI SUR LE PRINCIPE DE L'HABILLAGE EN ZAC	74
FIGURE 26: LISTE DES OBJETS PRIS DANS LES MAINS DE L'APPRENANT	75

FIGURE 27: EXEMPLE DE POP-UP D'ALERTE SUR LES ERREURS COMMISES EN COURS DE PROCEDURE	78
FIGURE 28: RAPPORT D'EVALUATION DE FIN DE SEANCE SUR LES RESULTATS AUX QCM ..	80
FIGURE 29: ECRAN D'AIDE A LA PRISE EN MAIN DU LOGICIEL	85
FIGURE 30: EXEMPLE DE LISTE DE TACHES A EFFECTUER EN MODE « GUIDE »	87
FIGURE 31: PLAN DE SITUATION DE L'APPRENANT DANS L'ENVIRONNEMENT SIMULE	89
FIGURE 32: EXEMPLE DE "POP-UP" D'ALERTE : OUBLI DE RETRAIT DE LA MONTRE AVANT L'HABILLAGE SPECIFIQUE	89
FIGURE 33: EXEMPLE D'ERREUR NON ANTICIPEE.....	90
FIGURE 34: EXEMPLE D'UN PROBLEME RENCONTRE DANS LES PROCEDURES LORS DES PHASES DE TEST	91
FIGURE 35: ECRAN DE PARAMETRAGE DES SCENARIOS	93
FIGURE 36: MODELE DE KIRKPATRICK	95
FIGURE 37: EXEMPLE D'UN ENVIRONNEMENT PHOTOREALISTE (WHITEQUEST®).....	102

Liste des tableaux

TABLEAU 1: AVANTAGES ET LIMITES DES DIFFERENTES METHODES PEDAGOGIQUES	26
TABLEAU 2: DIFFERENCES ENTRE PEDAGOGIE ET ANDRAGOGIE	27
TABLEAU 3: MOYENNES DES SCORES GLOBAUX OBTENUS AUX PRE-TEST ET POST-TEST, M. <i>DENAMI AND ALL [54]</i>	65
TABLEAU 4: THEMATIQUES ET COMPETENCES PROFESSIONNELLES ASSOCIEES CIBLEES DANS LE <i>SERIOUS GAME</i>	73
TABLEAU 5: LES CRITERES D'EVALUATION DU CONTEXTE AUTHENTIQUE.....	83
TABLEAU 6: DETAILS DES LOGOS MODELISES ET SIGNIFICATION	85

Liste des annexes

ANNEXE 1: THEMES DES QUIZ GERPAC EN ACCES LIBRE.....	106
ANNEXE 2: EXEMPLE DE PROCEDURE DE PREPARATION DETAILLEE POUR LA PROGRAMMATION DES INTERACTIONS HOMME/MACHINE ET OBJET/OBJET	107
ANNEXE 3: DETAILS DES COMPETENCES CIBLES, EXEMPLE D'ERREURS POSSIBLES ET FEEDBACK A INTEGRER DANS LA PROGRAMMATION DU LOGICIEL	108
ANNEXE 4: LISTE DES OBJETS A MODELISER.....	110
ANNEXE 5: QUESTIONNAIRE DE SATISFACTION, EVALUATION DU SG	112
ANNEXE 6: GRILLE OBSERVATIONNELLE EVALUATION CAPACITE DE TRANSFERT DES COMPETENCES ACQUISES A LA PRATIQUE PROFESSIONNELLE.....	114

Liste des abréviations

AC : Anticancéreux

BPP : Bonnes Pratiques de Préparation

BPPH : Bonnes Pratiques de Préparation Hospitalière

EPC : Equipement de Protection Collective

EPI : Equipement de Protection Individuelle

GERPAC : Groupe d'Évaluation et de Recherche pour la Protection en Atmosphère Contrôlée

LISEC : Laboratoire Interuniversitaire des Sciences de l'Éducation et de la Communication

PA : Principe Actif

QCM : Questionnaire à choix multiple

SG : *Serious Game*

TIC : Technologies de l'Information et de la Communication

UPS : Unité de Production Stérile

ZAC : Zone à Atmosphère Contrôlée

Introduction

La préparation aseptique en Unité de Production Stérile (UPS) est une activité importante des Pharmacies à Usage Intérieur (PUI). Les risques associés à ce type d'activité imposent des compétences techniques (« savoir-faire ») mais aussi le respect de nombreuses procédures spécifiques sur le comportement général (« savoir-être ») à adopter en Zone à Atmosphère Contrôlée (ZAC). Les connaissances associées aux spécificités des produits manipulés (« savoirs cognitifs ») sont également indispensables.

De cette notion de compétences à acquérir découle la notion de formation qui apparaît comme un gage de qualité de la préparation finie, mais aussi comme largement contributive à la maîtrise des risques associés.

Actuellement de nombreux centres réalisent une formation interne spécifique des professionnels à l'aide de supports pédagogiques pouvant être qualifiés de « traditionnels », tels que les cours magistraux ou la lecture de documents qualité.

Si le terme de pédagogie est souvent employé, la formation des professionnels renvoie plus à la notion d'andragogie, dans laquelle l'apprentissage par l'action apparaît comme essentiel. Ce concept d'apprentissage expérientiel associé au contexte actuel de ludification des apprentissages, place la simulation comme une méthode pertinente de la formation des professionnels. De par la difficulté de mise en place de la simulation *In-Situ* en ZAC, c'est-à-dire dans les conditions réelles de travail, l'option de la simulation virtuelle semble adaptée et intéressante.

L'objectif de ce travail a donc été de développer un *Serious Game* destiné à la formation des professionnels des UPS à l'aide d'une des méthodes de l'ingénierie pédagogique.

La première partie permettra de positionner les concepts d'apprentissage par l'action et de simulation au sein de l'ensemble des méthodes pédagogiques et andragogiques.

Le contexte réglementaire associé à la formation du personnel des ZAC ainsi que l'état de l'art de la simulation en santé seront détaillés dans la deuxième partie.

Enfin, la méthode de développement du *Serious Game*, les résultats associés à ce développement et les perspectives d'évolution et d'utilisation seront décrites et discutées.

Partie 1 :

Simulation en santé : concepts et techniques

I. Place de la simulation en santé

La simulation occupe une place essentielle dans la formation de nombreux professionnels[1], principalement pour des professions à risque. Il est en effet difficilement envisageable de voir un pilote de ligne réaliser son premier vol en conditions réelles. En santé, « jamais la première fois sur le patient » [2] est un objectif éthique. Basée sur l'apprentissage par l'action, la simulation apparaît comme un outil intéressant pour la formation du personnel médical et paramédical.

Il existe de nombreuses définitions du mot simulation, la chambre des représentants des Etats-Unis[3] définit la simulation en santé comme : « l'utilisation d'un matériel (comme un mannequin ou un simulateur procédural), de la réalité virtuelle ou d'un patient standardisé pour reproduire des situations ou des environnements de soin, dans le but d'enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et de répéter des processus, des concepts médicaux ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels.»

A. Formation professionnelle : de la pédagogie à l'andragogie

1. Place de la simulation dans les méthodes pédagogiques

Une méthode pédagogique décrit le moyen pédagogique choisi par le formateur pour favoriser l'apprentissage et atteindre son objectif pédagogique.

Il existe 4 grandes méthodes pédagogiques :

- méthode expositive,
- méthode interrogative,
- méthode démonstrative,
- méthode active.

La méthode expositive repose sur la transmission du savoir du formateur vers l'apprenant. Elle peut être de type déclarative, lors de la transmission de « savoirs cognitifs ou théoriques », ou procédurale lors qu'elle concerne le « savoir-faire ». L'apprenant acquiert de nouvelles connaissances de manière passive.

La méthode interrogative, amène au dialogue entre le formateur et l'apprenant. Le formateur conduit la réflexion, amène l'apprenant à réfléchir et à trouver des solutions sur un sujet précis. L'apprenant construit lui-même son savoir à travers la réflexion.

La méthode démonstrative consiste très souvent à montrer puis faire faire, ou faire dire. L'apprenant acquiert des connaissances par simple imitation.

La méthode active place l'apprenant au cœur de la formation. Il est l'acteur principal de sa formation. Le formateur définit la situation d'apprentissage, puis les apprenants sont amenés à découvrir et construire leurs savoirs à partir de cette situation. C'est sur cette méthode pédagogique que se base la simulation.

Les avantages et limites de chaque méthode sont résumés dans le Tableau 1.

Tableau 1: Avantages et limites des différentes méthodes pédagogiques

	Avantages	Limites	Exemples d'outils pédagogiques
Méthode expositive	<ul style="list-style-type: none"> - Facilité de mise en œuvre - Nécessite peu de temps et de moyens - Transmission de savoirs théoriques 	<ul style="list-style-type: none"> - Passivité de l'apprenant - Transmission du savoir-faire et savoir-être 	<ul style="list-style-type: none"> - Diaporamas informatiques - films
Méthode interrogative	<ul style="list-style-type: none"> - Dynamique - Réflexion personnelle facilitant la mémorisation - Transmission de savoirs théoriques 	<ul style="list-style-type: none"> - Temps de préparation de la session par le formateur important - Transmission du savoir-faire et savoir-être 	<ul style="list-style-type: none"> - Jeux en groupe - Quiz - Etude de cas
Méthode démonstrative	<ul style="list-style-type: none"> - Implication de l'apprenant - Exemple concret - Transmission de savoirs, savoir-être et savoir-faire 	<ul style="list-style-type: none"> - Temps de formation élevée - Mobilisation des ressources humaines - Mimétisme : Ne prend pas en compte la capacité de réflexion de l'apprenant 	<ul style="list-style-type: none"> - Simulation - Compagnonnage - Photo langage
Méthode active	<ul style="list-style-type: none"> - Implication de l'apprenant - Favorise la mémorisation grâce à l'action - Autonomie de l'apprenant - Applicable aux savoirs cognitifs, savoir-être et savoir-faire 	<ul style="list-style-type: none"> - Temps de formation élevée - Mobilisation ressources humaines 	<ul style="list-style-type: none"> - Jeux de rôle - Simulation

2. Principe de l'andragogie

Du grec *andros* signifiant « l'Homme » et *agogos* signifiant « le guide », l'andragogie est la pratique de l'éducation de l'adulte. Ce terme inventé par l'allemand Alexander Kapp en 1833, a été popularisé par Malcom Knowles, aux Etats Unis dans les années 60.

Selon lui, l'apprentissage de l'adulte s'articule autour de 6 affirmations[4] :

- le besoin : les adultes ont besoin de connaître le pourquoi d'un apprentissage,
- l'expérience : l'expérience est la base de tout apprentissage pour les adultes,
- l'investissement : les adultes doivent pouvoir être impliqués dans le dispositif d'éducation mis en place que ce soit pour l'organisation ou les modalités d'évaluation,
- l'utilité : les adultes préfèrent apprendre ce qui leur servira à court terme dans leur activité professionnelle,
- la modalité d'apprentissage : les apprentissages par l'expérience ou par situation-problème sont les plus adaptés pour les adultes,
- la motivation : les adultes réagissent mieux à des motivations intrinsèques qu'à un encouragement extérieur.

Il existe de nombreuses différences entre la pédagogie et l'andragogie selon Knowles, notamment sur le rôle du formateur, les ressources mobilisées ou la motivation. Les différences majeures entre ces deux méthodes sont synthétisées dans le Tableau 2.

Tableau 2: différences entre pédagogie et andragogie

	Rôle du formateur	Dépendances	Ressources mobilisées	Raisons pour apprendre	Motivations	Focus de l'apprentissage
Pédagogie	- L'enseignant détient le savoir - L'apprenant doit apprendre pour réussir	- L'apprenant est dépendant - L'enseignant définit le contenu de la formation	L'apprenant possède une expérience limitée	Réussir et progresser	Sources externes	L'apprentissage est centré sur le contenu selon un enchaînement logique
Andragogie	- Le formateur aide les apprenants - L'adulte a conscience de son besoin d'apprendre	- L'apprenant est indépendant - L'apprenant travaille en autonomie	L'apprenant s'appuie sur ses connaissances et ses expériences	L'adulte a la volonté d'apprendre pour être plus efficace	Sources internes	Les adultes orientent leur apprentissage autour d'une tâche ou d'un problème

B. Bases conceptuelles de la simulation

1. L'apprentissage par l'expérience

David Kolb [5] explique que l'apprentissage s'effectue sur l'expérience. Il décrit le cycle de l'apprentissage qui comprend 4 processus (Figure 1) :

- l'expérience concrète,
- l'observation réfléchie,
- la conceptualisation abstraite,
- l'expérimentation active.

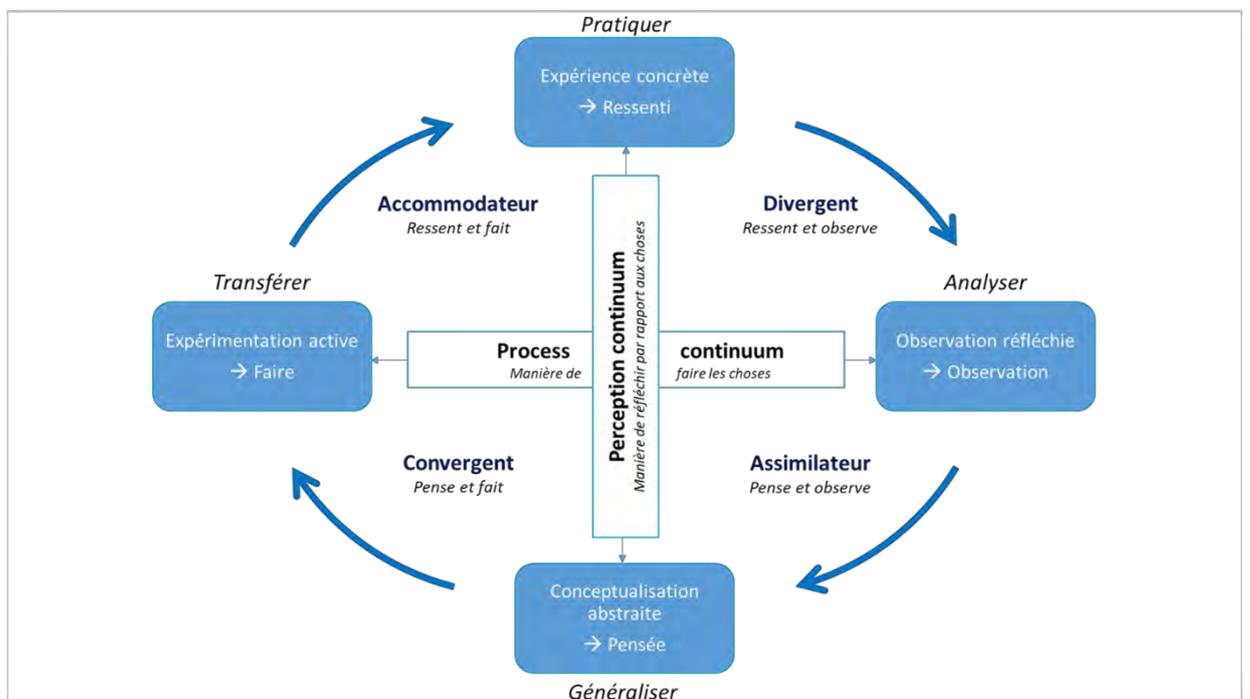


Figure 1: Apprentissage par l'expérience: Cycle de KOLB

Chacun de ces processus correspond à une manière distincte d'utiliser son expérience et Kolb considère qu'un apprentissage est complet seulement quand les 4 phases sont vécues.

Deux dimensions s'ajoutent à ces quatre processus, le *process continuum* (manière de faire les choses) et le *perception continuum* (manière de réfléchir sur les choses).

Bien que l'utilisation de ces 4 processus d'apprentissage soit nécessaire à l'acquisition des connaissances par l'apprenant, chaque apprenant éprouve selon

Kolb a une préférence pour deux processus du cycle. Il définit ainsi 4 types d'apprenants (Figure 1), selon la part qu'ils accordent à l'expérience *versus* la théorisation, ou à l'action *versus* la réflexion :

- le divergent,
- l'assimilateur,
- le convergent,
- l'accommodateur.

Le divergent souhaite comprendre le pourquoi d'une situation, il préfère les phases d'expériences concrètes et la réflexion sur ces dernières.

L'assimilateur cherche à connaître. Il aime réfléchir sur une expérience de façon théorique. Il s'intéresse peu aux applications pratiques des connaissances.

Le convergent cherche à connaître le comment d'une situation à travers le vécu et les expériences. Il a besoin de se confronter à la situation pour en tirer des conclusions.

L'accommodateur désire comprendre les conséquences de ses actes si il les mettait en application. Il fonctionne par extrapolation.

A partir de ces observations, Kolb conclue que pour conserver l'attention de son auditoire, les apprentissages utilisés par le formateur devront permettre de communiquer à l'ensemble des profils d'apprenants.

Il est possible de faire un parallèle entre les 4 modèles d'apprentissage de Kolb et les étapes clés de la simulation définies par le guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé de la HAS [6]:

- la préparation (définition des scénarios) pour le modèle divergent,
- la décontextualisation pour les modèles accommodateur et convergent,
- le débriefing pour le modèle assimilateur.

2. Apprentissage en contexte authentique

Dans le cadre de l'andragogie et du développement professionnel, l'adulte apprend pour devenir plus performant dans son exercice professionnel. Le concept d'apprentissage en contexte authentique stipule au moins un environnement réaliste

pour favoriser l'apprentissage [7]. L'authenticité de ce contexte d'apprentissage ne se résume pas spécifiquement à la fidélité de l'environnement mais principalement à la fidélité des tâches à accomplir et des problèmes à résoudre qui doivent être crédibles et pertinents [8].

Selon l'article de *Brydges and al* [9], le transfert des connaissances à la pratique serait favorisé par la fidélité des simulateurs utilisés et des contextes recréés.

3. Le débriefing

Selon le guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé de la HAS [10], le débriefing est une étape clé dans le déroulement d'une séance de simulation qui est normalement organisée en 3 phases :

- *briefing* : explication du but de la séance et des règles de fonctionnement,
- mise en situation,
- débriefing : retour après séance.

Le débriefing est une phase essentielle [11] d'analyse et de rétroaction ou *feedback*. Il se déroule habituellement en trois étapes : la phase descriptive, la phase d'analyse et la phase d'application ou de synthèse.

Durant la phase descriptive, l'apprenant décrit ses impressions, exprime son ressenti sur la séance de simulation. Le formateur doit poser des questions simples qui permettent à l'apprenant de verbaliser les faits, le pourquoi et le comment des actions réalisées durant la séance de simulation.

La phase d'analyse est la plus longue. Elle a pour but d'étudier les situations durant lesquelles l'apprenant a montré un comportement inadapté. Elle permet de mettre en évidence les forces et les faiblesses de l'apprenant, en s'appuyant sur des faits observés durant l'exercice de simulation. Elle permet d'articuler les nouvelles compétences acquises autour des connaissances antérieures et la réflexion dans l'action.

Enfin, la phase d'application permet à l'apprenant de faire une synthèse des nouveaux savoirs acquis durant la séance. Le formateur pourra demander à l'apprenant ce qu'il ferait maintenant dans une situation l'ayant mis en échec lors de

l'exercice de simulation. Elle doit permettre la transposition des nouveaux savoirs à la pratique réelle.

C. Les différents types de simulation en santé

Il existe différentes approches de la simulation en santé. La Figure 2 résume ces différents champs selon G. Chiniara [12]. Les champs encadrés sont ceux principalement utilisés en santé.

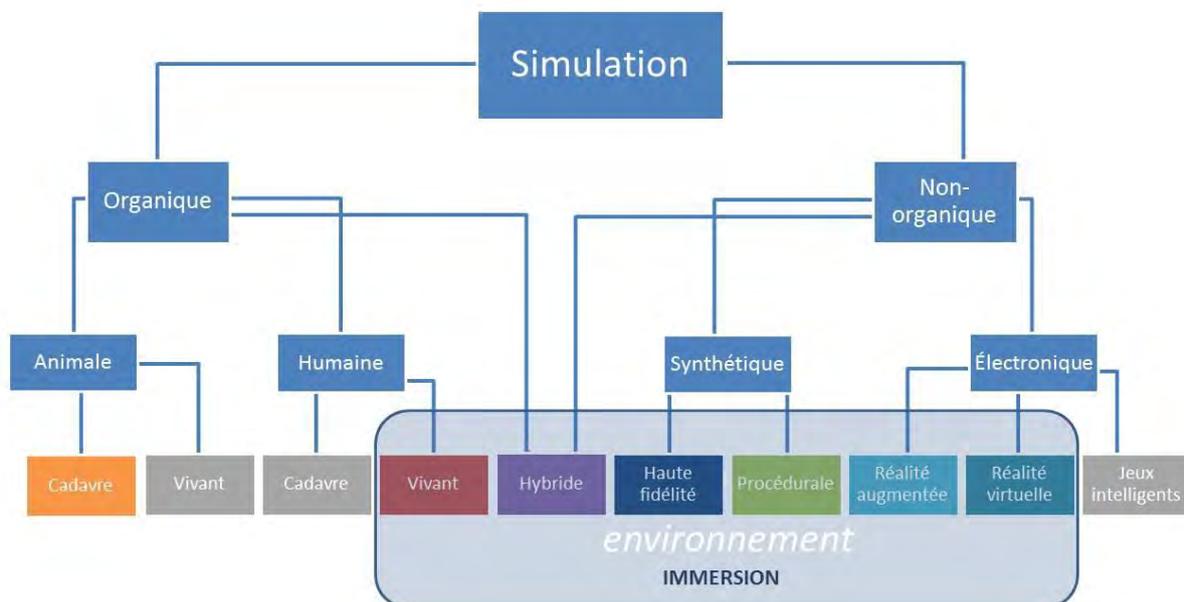


Figure 2: Les différents champs de la simulation en santé (faculté de médecine, Liège[13])

1. Simulation organique humaine: le patient standardisé

L'utilisation d'un patient standardisé ou patient simulé correspond à de la mise en situation, faisant appel à des patients acteurs. L'apprenant est mis en situation réelle face à un acteur ou un malade jouant son propre rôle, sur la base d'un scénario préétabli. Le plus souvent, cette méthode permet de travailler la communication.

2. Simulation non organique synthétique

La simulation non organique synthétique regroupe deux types de simulation, la simulation procédurale et la simulation haute-fidélité. Elles peuvent être réalisées dans des centres de simulation ou dans l'environnement de travail pour faire vivre à l'apprenant une situation très proche de la réalité. Dans ce dernier cas nous parlerons de simulation *In Situ* c'est dire réalisée en conditions réelles, dans l'environnement de travail.

a. La simulation procédurale

Cette méthode permet l'apprentissage de gestes techniques spécifiques par la répétition de gestes précis dans une procédure, sans risque pour le patient. Elle peut faire appel à différents équipements ou matériel dit de « basse fidélité » (peau synthétique pour les sutures ou bras de perfusion, manipulation sur paillasse du matériel nécessaire à la réalisation de préparations stériles).

b. La simulation haute-fidélité

Elle fait appel à du matériel beaucoup plus sophistiqué, tel que des mannequins grandeur nature pilotés par ordinateur, pouvant parler, respirer et avec possibilité pour le formateur de faire varier les constantes vitales et l'état clinique du mannequin. Régulièrement utilisé en simulation *In-Situ* tel que les blocs opératoires, le mannequin obéit à un scénario préétabli qui permet aux apprenants de vivre une situation clinique extrêmement proche de la réalité (Exemple de réalisation de coronarographie et angioplastie en cardiologie interventionnelle).

3. La simulation non organique virtuelle

a. La réalité virtuelle

Ce type de simulation permet d'appréhender des situations complexes basées sur une interface écran. L'apprenant est physiquement en immersion dans un environnement généré par des logiciels informatiques, très proche de la réalité. Cette technologie est régulièrement utilisée en santé, notamment en chirurgie.

b. La simulation en environnement 3D

Apparenté aux jeux vidéo ou aux *Serious Games*, dans l'environnement 3D, l'apprenant n'est pas physiquement en immersion mais il est représenté par un avatar dans un environnement virtuel. Cette technique ne présente quasiment aucune limite dans la diversité des mises en scène qu'il est possible de créer et offre la possibilité d'une formation à distance en *e-learning*.

La simulation est donc largement utilisée en santé, qu'elle soit organique ou non organique, elle répond systématiquement au principe de l'apprentissage par l'action qui semble être la méthode de choix en andragogie.

II. Les *Serious Games* en santé

A. Etat des lieux des *Serious Games* existants

Il existe aujourd'hui de nombreuses définitions du *Serious Game*, selon *Sande Chen & David Michael* [13] un *Serious Game* est un "Jeu dont la finalité première n'est pas le simple divertissement". Le professeur Michael Zyda, propose une définition plus spécifique : "Un défi cérébral contre un ordinateur impliquant le respect de règles spécifiques, et qui s'appuie sur le divertissement pour atteindre des objectifs liés à la formation institutionnelle ou professionnelle, l'éducation, la santé, la politique intérieure ou la communication" [14]. Il existe une base commune à ces deux définitions, mise en avant par Benjamin Sawyer qui évoque "Toute utilisation pertinente de technologies issues de l'industrie du jeu vidéo à des fins autres que le simple divertissement"[15].

Dans les années 60-70, où naissent les premiers *Serious Games*, la dimension informatique ou « *computer game* », n'était pas systématique. Selon Clark Abt, dans son ouvrage « *Serious Game* », le *Serious Game* peut être un jeu informatique, un jeu de société, un jeu de rôle ou même un jeu de plein air. Il est cependant aujourd'hui difficile de parler de *Serious Game* sans faire référence à l'outil informatique et à sa proximité avec les jeux vidéo.

Les *Serious Games* sont utilisés depuis de nombreuses années dans le domaine de la santé, avec plusieurs finalités possibles.

Ils peuvent en effet permettre de diffuser un message, c'est le cas notamment du jeu « Captain Novolin[®] » (*Super Nintendo, 1992*), destiné à aider et éduquer les enfants atteints de diabète à travers un Héros diabétique, ou « Re-Mission[®] » (*HopeLab, 2006*) pour les patients atteints de cancer, où le sujet est placé au cœur des cellules infectées sur lesquelles est appliquée une chimiothérapie personnifiée.



Figure 3: Captain Novolin[®] (Nintendo)



Figure 4: Re-Mission[®] (HopeLab)

D'autres *Serious Games* proposent un entraînement thérapeutique, par exemple « Voracy fish[®] » (*GENIOUS/DIDACT, 2012*) dont l'objectif est la rééducation fonctionnelle des membres supérieurs ou la collecte de données utiles à la recherche avec le projet « FoldIt[®] » (*Université de Washington, 2008*), qui propose au grand public de travailler sur des problèmes de pliage de protéines représentées en 3D. Les joueurs doivent proposer des solutions manuelles de pliage de la structure tridimensionnelle d'une protéine utile à l'élaboration de nouveaux médicaments contre le VIH ou certains cancers.



Figure 5: Voracy fish[®] (Genious/Didact)



Figure 6: FoldIt[®] (Université de Washington)

De nombreux *Serious Games* sont actuellement destinés à l'entraînement des professionnels de santé. Dans ce domaine, « Pulse[®] » (*Breakway games, 2007*) est un des plus connus. Ce *Serious Game* propose un environnement 3D immersif réaliste et collaboratif, puisque plusieurs apprenants sont réunis dans le même jeu, avec la possibilité d'interagir par l'intermédiaire de leurs avatars. Il permet un entraînement autour des compétences cliniques requises pour faire face à des situations d'urgence très diversifiés (25000 cas cliniques) et réalistes.



Figure 7: Pulse[®] (*Breakway games*)

Dans le même registre, « Clinispace[®] » (*Innovation in Learning Inc, 2010*) permet aux sujets d'incarner des médecins et de s'entraîner à des suivis de pathologies sur des patients virtuels. « 3D Virtual Operating Room[®] » (*Serious Game Research Network, Hôpitaux de Toulouse, KTM Advance, Novamotion, 2013*) permet également un entraînement centré sur la communication et le travail collaboratif mais dans un contexte de prévention et de gestion des risques au bloc opératoire.



Figure 8: Clinispace[®] (*Innovation in Learning Inc*)



Figure 9: 3D Virtual Operating Room[®] (*Serious Game Research Network*)

Outre leur utilisation dans le domaine de la médecine, l'utilisation de *Serious Games* pour la formation des professionnels de santé existe également dans le domaine pharmaceutique. « E-caducée[®] » (*PROFFIterole, CHU de Lille, 2014*) est destiné aux futurs pharmaciens d'officine. Dans ce *Serious Game* en réalité virtuelle, l'apprenant prend le rôle d'un pharmacien d'officine au comptoir devant répondre à divers cas cliniques, à travers un avatar.



Figure 10: E-caducée[®] (*PROFFIterole*)

En milieu hospitalier, « *latroMed 360[°]* » (*ADIPh, VRV Prod, 2016*) est la première chambre des erreurs en parcours immersif. Immergé dans un environnement 3D composé d'un couloir, d'une salle de soins et d'une chambre de patients, l'apprenant doit détecter et signaler les erreurs rencontrées sur le circuit du médicament.



Figure 11: *latroMed 360[°]* (*ADIPh, VRV Prod*)

Il existe également des *Serious Games* destinés à la formation des professionnels de santé travaillant en ZAC. En milieu hospitalier, sur le même schéma que « *latromed 360[°]* », l'ADIPh propose la première Unité de Préparation des AntiCancéreux des erreurs, le « *SimUPAC 360[°]* » (*ADIPh, 2017*). A l'instar de « *latromed 360[°]* »,

« SimUPAC 360° », est le premier parcours immersif dans une UPS hospitalière. L'apprenant est immergé dans une unité de production virtuelle dans laquelle ont volontairement été intégrées des erreurs que l'apprenant doit détecter et signaler.



Figure 12: SimUPAC 360°® (ADIPh)

Au niveau industriel, « Labquest® » (Whitequest, 2015) permet de simuler une journée type en unité de production stérile. L'apprenant réalise les opérations courantes en UPS industrielle à travers un Avatar qui le représente.



Figure 13: Labquest® (Whitequest)

Dans le cadre des *Serious Games*, l'action est scénarisée de façon à reproduire une situation réelle qu'il serait difficile de réaliser ailleurs que dans un environnement simulé.

C'est ici, la méthode pédagogique active ou apprentissage par l'action qui est mise en œuvre. L'apprenant est placé en situation d'action, il doit accomplir une mission, avec la possibilité de mettre en pratique ses connaissances et ses compétences dans un environnement virtuel mais réaliste. La dimension de jeu permettra d'améliorer la captation de son attention et favoriser ainsi le développement et l'acquisition de nouvelles compétences[16].

B. Prérequis à la conception d'un *Serious Game*

De nombreux travaux font état de la difficulté de développement d'un *Serious Game*. Dans leurs thèses J. Alvarez [17] et D. Djaouti [18] parlent d'un processus délicat et complexe qui nécessite un travail multidisciplinaire et collaboratif avec une bonne synergie de travail entre les différentes parties prenantes.

1. Comment définir les objectifs pédagogiques ?

Les objectifs pédagogiques d'un SG font références aux compétences professionnelles à acquérir. Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire de définir un référentiel de compétences qui déterminera les contenus du SG. Ceci renvoie à la notion de didactique professionnelle, développée par Pastré [19]. La didactique professionnelle est définie par l'analyse du travail en vue du développement de compétences professionnelles. Elle utilise des situations de travail réelles ou simulées comme supports d'apprentissage. Pour ce faire, il est d'abord nécessaire de réaliser un inventaire des gestes et des procédures spécifiques susceptibles d'être réalisées ou employés dans le cadre d'une activité professionnelle. Cet inventaire correspond aux tâches prescrites [20] c'est-à-dire les actions conformes aux directives des référentiels opposables.

Cependant, la seule analyse de ces tâches prescrites [21] ne suffit pas à la détermination des compétences professionnelles à acquérir. Selon Cizeron [22], ces tâches prescrites doivent être comparées aux gestes effectivement réalisés par les professionnels ou tâches effectives [21], influencées par le contexte de travail.

Le référentiel de compétences établie pour définir le contenu du SG doit donc tenir compte à la fois des tâches prescrites et des tâches effectives.

2. Comment obtenir un outil attractif et adapté ?

Dans le cas des SG apparenté aux jeux vidéo, le versant relation homme /technologie est également à prendre en compte. De ces relations naissent deux notions essentielles, l'attitude, c'est-à-dire le jugement porter par l'utilisateur sur la technologie, et l'intention d'utilisation, qui correspond à l'intention de l'utilisateur d'utiliser la technologie dans le futur. Ces deux notions renvoient au modèle d'acceptation des technologies.

a. Modèle d'acceptation des technologies

Dans son Modèle d'Acceptation des Technologies (TAM), dont le principe global est résumé dans la Figure 14, Davis [23] reprend ses notions d'attitude et d'intention d'utilisation.

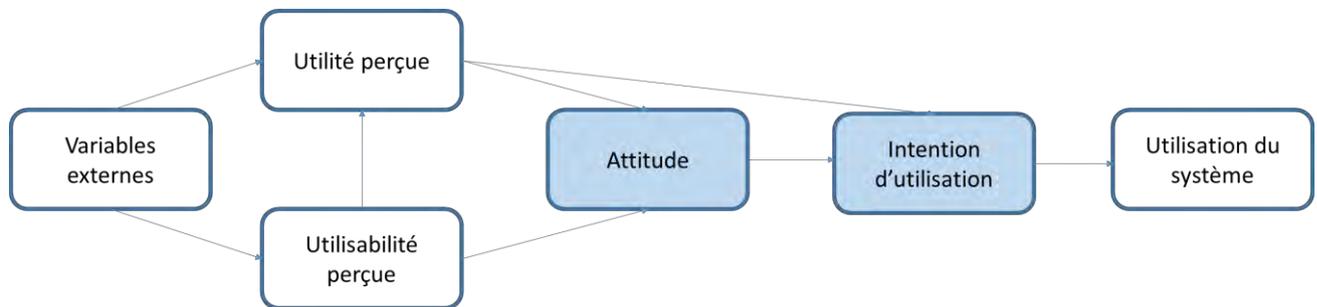


Figure 14: Modèle d'Acceptation des Technologies de Davis

Pour Davis, l'adhésion d'un utilisateur (c'est-à-dire son intention d'utiliser) à une nouvelle Technologie d'Information et de Communication (TIC) dépend de son utilité perçue (« est-ce que l'utilisation de cette TIC augmente l'efficacité professionnelle du futur utilisateur ? » « Serai-je plus performant après utilisation de cet outil ») et de la facilité d'utilisation ou utilisabilité perçue (« quelle intensité d'effort nécessite l'utilisation de la TIC ? » « L'outil est-il facile à utiliser ? »).

Ces deux facteurs vont influencer l'attitude, c'est-à-dire le jugement individuel porté sur la technologie, qui influencera à son tour l'intention d'utilisation, c'est-à-dire la motivation.

Ces différentes notions renvoient à la notion d'ergonomie de l'outil.

b. Critères ergonomiques d'un *Serious Game*

Pour faciliter l'adhésion du public cible et favoriser son utilisation, le SG devra répondre à différents critères ergonomiques proposés par *Bastien and al* en 1992 [24] :

- Le **guidage** : pour faciliter l'apprentissage et l'utilisation du système, le guidage regroupe tous les moyens mis en œuvre pour conseiller, orienter, informer et conduire l'utilisateur dans ses interactions avec l'interface.

Il correspond par exemple à des aides à la prise en main du logiciel (schéma légendé des différents logos du logiciel) ou des consignes sur les actions à réaliser (listes des tâches à réaliser).

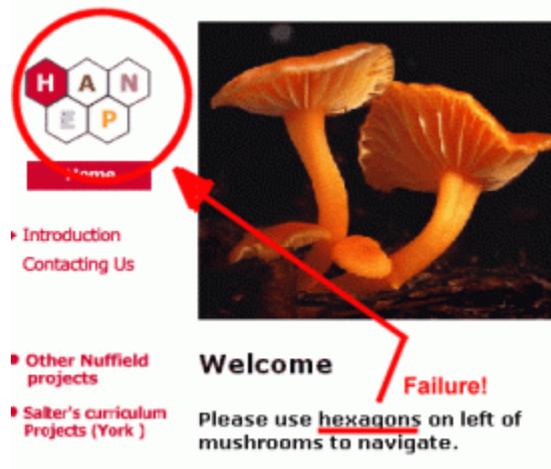


Figure 15: Exemple de guidage utilisé sur une interface numérique

- La **charge de travail** : pour limiter les risques d'erreurs des utilisateurs, la charge de travail doit être réduite aux seules informations pertinentes pour fluidifier les interactions. Il faut ainsi fournir à l'utilisateur les moyens d'atteindre rapidement et simplement ses objectifs, en limitant le nombre d'étapes nécessaires pour atteindre son but. L'interface doit être simple et les fonctionnalités pertinentes tout en limitant le travail de lecture. La densité informationnelle de l'interface doit être limitée en affichant uniquement les informations nécessaires à la réalisation des missions.
- Le **contrôle explicite** : pour limiter les risques d'erreurs de la machine face aux actions des utilisateurs, le contrôle explicite renvoie à la faculté de la machine à exécuter les opérations demandées par les utilisateurs et pas d'autres, au moment où elles sont demandées. Toute action du système doit correspondre à une demande explicite de l'utilisateur. L'utilisateur doit pouvoir contrôler l'ensemble de ses actions, par exemple l'interruption ou la reprise de la session.
- L'**adaptabilité** : pour limiter le caractère linéaire de la relation, la machine doit être capable de s'adapter au contexte et à l'utilisateur, l'objectif doit être adapté à l'expérience de l'utilisateur. L'utilisateur doit pouvoir personnaliser et

contrôler l'interface en fonction de ses besoins. Les moyens mis en œuvre doivent permettre de respecter le niveau d'expérience de l'utilisateur.

- La **gestion des erreurs** : pour limiter les risques d'erreur de la machine, la machine doit être capable de gérer, soit corriger, soit prévenir les erreurs le plus rapidement possible afin de ne pas provoquer d'interruptions dans la relation entre l'utilisateur et la machine. Il faut ainsi prévoir que l'utilisateur fera des erreurs et concevoir de manière anticipée des moyens de pallier à ces problèmes. Les messages d'erreurs doivent être clairs et pertinents.
- L'**homogénéité** / la **cohérence** : ce critère fait référence aux choix de conception de l'interface qui doivent être identiques dans des contextes identiques et inversement. Les choix de conception et de codes graphiques doivent être respectés sur l'intégralité de l'interface. Par exemple, une icône doit toujours avoir la même signification.
- La **compatibilité** : ce critère fait référence à l'adéquation entre les caractéristiques des utilisateurs (cognitions, compétences, âge, attentes) et l'ensemble de l'application et son interface. L'interface doit être adaptée aux caractéristiques de l'utilisateur.

3. La théorie du conflit instrumental

Avec l'utilisation des nouvelles TIC, Marquet [25] évoque la notion de « théorie du conflit instrumental » qui permet de rendre compte des niveaux d'appropriation des différents types d'objets imbriqués dans une situation. Les objets dont il parle sont :

- l'objet didactique : qui correspond au strict contenu pédagogique
- l'objet pédagogique : qui correspond à la manière de formaliser la représentation de l'objet didactique
- l'objet technique : qui correspond à l'interface numérique.

Lors du développement d'un *Serious Game*, ces 3 dimensions doivent être analysées et soigneusement définies pour une parfaite cohérence dans la simulation.

C. Conception d'un *Serious Game*: de la théorie aux essais du prototype

1. Principes de l'ingénierie pédagogique : la méthode ADDIE

L'ingénierie pédagogique consiste à étudier, concevoir, réaliser et adapter des dispositifs d'enseignement, des formations ou des cours.

Dans ce contexte de ludification des apprentissages, la conception de *Serious Game* ou *Serious Game Design* est une activité qui s'est fortement développée depuis les années 2000. Basée sur les mêmes principes que ceux utilisés pour la conception de jeux vidéo ou *Video Game Design*, la mise au point d'un *Serious Game* nécessite cependant la présence dans l'équipe portant le projet, d'un expert dans le domaine de compétences pour lequel il sera mis au point. Le but étant de garantir un contenu pédagogique cohérent et pertinent pour atteindre les objectifs pédagogiques du jeu [26].

Il existe de nombreux modèles de l'ingénierie pédagogique. Le modèle ADDIE est le plus connu. Il fournit une approche guidée et détaillée de la création d'un projet de formation. Il aide à établir et à structurer le dialogue entre les différents acteurs du projet, à travers 5 étapes :

- **Analyser**
- **Designer (concevoir)**
- **Développer (réaliser)**
- **Implémenter**
- **Evaluer.**

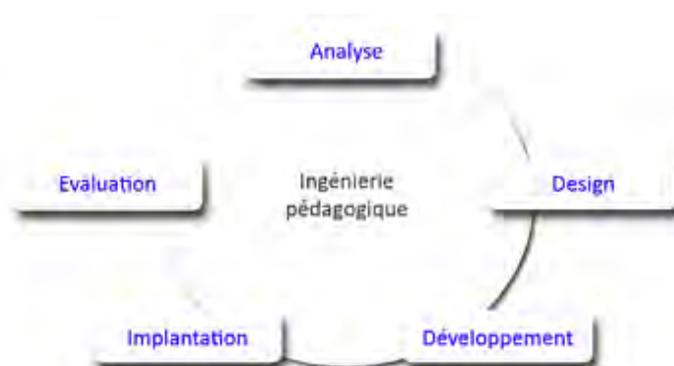


Figure 16: Modèle ADDIE

La **phase d'analyse** consiste en une analyse préliminaire de la demande de formation, de sorte à obtenir une vue d'ensemble du projet. Plusieurs critères devront être définis, notamment :

- l'analyse des besoins : définition des compétences et des objectifs de formation associés aux contenus et modalités pédagogiques,
- description du public cible : nombre, prérequis, besoins,
- l'analyse de l'existant : matériel et ressources,
- l'analyse des moyens : budget disponible et ressources humaines,
- l'analyse des contraintes : délai, contenu, technique et coût.

La **phase de design** vise à formaliser les données de la phase "analyse" en projet pédagogique ou en cahier des charges. Durant cette phase les objectifs de formation sont transformés en objectifs pédagogiques. Un bon objectif pédagogique doit être énoncé de manière univoque, décrire un résultat observable avec des critères d'évaluation de l'effet observé. Les paramètres des scénarios pédagogiques sont définis, notamment le dispositif de formation (support utilisé), le cadre spatio-temporel et la technique utilisée. Ceci permet de créer le *storyboard* de la formation, c'est-à-dire l'enchaînement des scénarios, les modalités graphiques et sonores.

La **phase de développement** correspond à la construction des outils de formation. Cette étape permet de créer le premier prototype du support de formation.

La **phase d'implantation** consiste à diffuser le système d'apprentissage disponible aux apprenants et formateurs.

La **phase d'évaluation** permet d'évaluer le dispositif pédagogique, tant sur le plan des résultats (efficacité : acquisition et transfert de nouvelles connaissances) que sur le plan de la satisfaction client (respect du cahier des charges, utilisabilité de l'outil...).

Bien que souvent perçu comme un modèle linéaire, dans lequel les différentes phases se succèdent les unes à la suite des autres, ce modèle est en fait plutôt itératif avec des phases pouvant être simultanées ou non et des possibilités de rétroactions. Pour exemple, la phase d'évaluation se répète régulièrement après chaque grande étape pour déclencher la phase suivante.

Dans le domaine du développement du *Serious Game*, D. Djaouti [18] propose une méthode allégée du modèle ADDIE, le modèle **DICE** :

- **Définir** le contenu sérieux devant être intégré dans le jeu (objectifs pédagogiques, connaissances à transmettre, message publicitaire, etc.),
- **Imaginer** le concept de jeu à partir du contenu défini précédemment,
- **Créer** le prototype pour tester le jeu,
- **Évaluer** le prototype auprès d'un public cible.

A l'inverse, Iza Marfisi-Schottman [27] propose un modèle un peu plus précis basé sur 7 étapes claires et définies. Elle ajoute les notions de contrôle qualité, et d'utilisation et de maintenance. Selon elle, le contrôle qualité en cours de développement par des tests réguliers de conformité au cahier des charges est essentiel pour réduire le temps et le coût de production. Ceci amène à la définition de critères qualité nommés « facettes » dans la littérature.

L'utilisation et la maintenance apparaissent, dans sa méthode en fin de processus. Une fois le SG finalisé, il devra être testé en situation réelle par les apprenants et les formateurs, qui pourront procéder à des ajustements nécessaires à leur appropriation du SG et faciliter son intégration dans le parcours de formation.

2. Contrôle qualité du *Serious Game* en cours de développement : de la méthode aux évolutions du logiciel

Selon *Iza Marfisi-Schottman and al.* [28] inspiré des travaux de *Marne and al.* [29], il existe des critères qualité nommés « facettes » permettant d'évaluer les SG, en cours de développement, sur le plan des objectifs pédagogiques, du potentiel ludique et de son utilité dans le contexte de formation. Ils développent ainsi de nombreux indicateurs qualité des SG articulés en 6 facettes résumées dans la Figure 17.

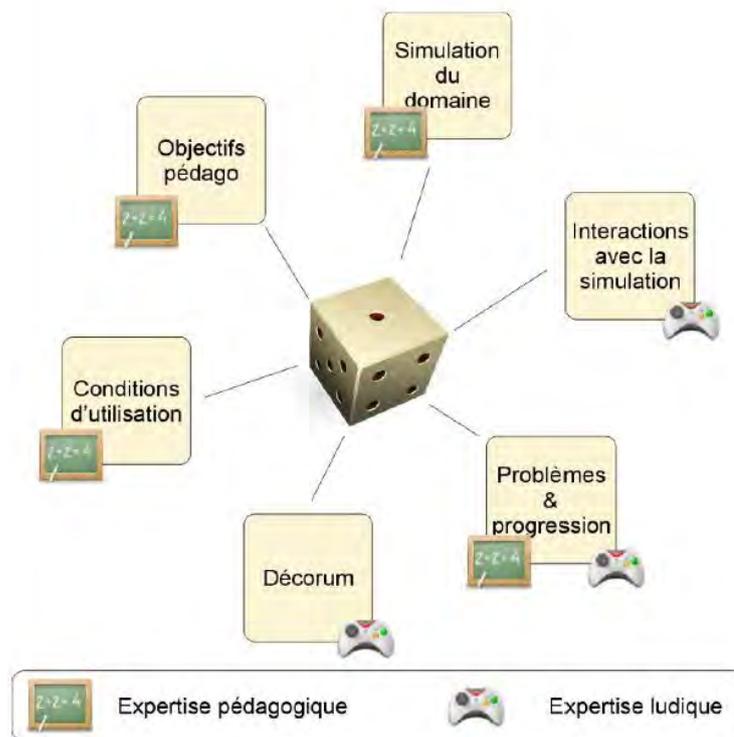


Figure 17: Les 6 facettes du Serious Game selon Marne and al [29]

Chaque facette sera évaluée soit par le public cible, soit par le formateur, qu'il soit futur utilisateur ou non, en fonction du domaine des critères qualités.

a. Facette 1 : les objectifs pédagogiques

Cette facette représente ce que l'on veut enseigner à l'apprenant. Pour analyser la qualité du jeu à travers cette facette, il faudra s'intéresser à tous les indicateurs pouvant donner des indices sur la qualité pédagogique du SG, notamment :

- l'intégration des compétences cibles dans les scénarios,
- l'adéquation des activités pédagogiques avec les objectifs de formation (rôle actif de l'apprenant),
- la structuration des activités pédagogiques : enchaînement des activités de l'apprenant adaptées aux objectifs de formation.

L'ensemble de ces critères qualité sont travaillés par l'expert pédagogique rattaché au projet pour permettre d'atteindre les objectifs pédagogiques fixés.

b. Facette 2 : la simulation du domaine

Les SG permettent de simuler un environnement dans lequel les apprenants devront progresser et acquérir des compétences cibles. Pour être efficace, le SG doit être capable de répondre de manière adéquate aux actions des apprenants, ceci renvoi aux critères ergonomiques que sont le contrôle explicite et l'adaptabilité de *Bastien and al.* [24]. Les réponses apportées par le logiciel devront être conformes aux référentiels opposables du domaine ciblé et correspondre aux compétences à acquérir, définie dans les objectifs pédagogiques. L'ensemble de ces compétences et objectifs pédagogiques pourront être résumées sous forme d'un modèle, qui pourra être intégré dans la programmation du logiciel et interrogé à chaque action réalisée par l'apprenant lors de la séance de simulation, pour l'informer sur la conformité de ses actions ou non.

c. Facette 3 : les interactions avec la simulation

Elle représente l'ensemble des interactions que l'apprenant pourra avoir avec l'interface (interaction Homme-machine) mais aussi les interactions entre objets (interaction objets-objets). Ces interactions devront être pertinentes (en lien avec les compétences à acquérir), de qualité (intuitives), diversifiées et attractives pour favoriser la motivation de l'apprenant.

d. Facette 4 : problèmes et progression

Elle regroupe les problèmes auxquels l'apprenant pourra être confronté au cours de la séance de simulation et les mécanismes de progression. Il a été démontré que l'apprentissage est favorisé par la motivation intrinsèque [30]. Cette motivation implique que l'apprentissage soit conduit par l'intérêt et le plaisir que l'apprenant éprouve en jouant. Il est essentiel que l'environnement, les interactions et la progression ne soit liés qu'aux activités pédagogiques en lien avec les compétences à acquérir. En d'autres termes, la progression dans le jeu ne doit être permise que par l'acquisition des nouvelles compétences [31].

Selon *Ryan and al* [32], un autre critère qualité des SG est la liberté d'action et les stratégies de résolution. Le sentiment de liberté, de « frivolité » du joueur semble avoir un rôle positif sur l'apprentissage, les actions réalisées dans le jeu n'ayant aucun impact sur la vie réelle. Ceci repose sur l'apprentissage par essai-erreurs. Un

autre aspect essentiel de cette liberté d'action est la place occupée par l'apprenant qui prend alors un rôle d'acteur central dans la formation, avec des missions et des responsabilités qui lui sont propres [33]. Ceci participe également à sa motivation intrinsèque.

Les notions de challenge et de reconnaissance de la progression apparaissent également dans cette facette. Pour captiver l'attention de l'apprenant et favoriser sa motivation et son adhésion au SG, les challenges doivent être omniprésents. Il sera par exemple intéressant de proposer des buts et des sous buts sur les missions à accomplir [34]. Lorsqu'un apprenant réussit une mission, il s'attend à être gratifié. Cette notion de reconnaissance peut exister sous différentes formes, score, trophée, déblocage d'un élément de jeu...dans le but de l'encourager à poursuivre ses efforts. D'après l'étude menée par le National Research Council [35], les processus émotifs déclenchés quand les apprenants gagnent ou perdent ont des effets positifs sur leurs niveaux d'attention, leurs mémoires, mais aussi leurs capacités de prise de décision.

e. Facette 5 : le décorum

Cette facette rejoint la notion de contexte authentique préalablement citée. Elle représente l'ensemble des éléments scénaristiques pouvant donner du plaisir à l'apprenant lors du jeu. Le décorum doit être pertinent, c'est-à-dire que le lieu, les personnages et les missions proposés doivent être en lien direct avec les compétences à acquérir. Cette corrélation favorise le transfert des compétences à des situations réelles [32] ainsi que l'acceptation du jeu par les formateurs, c'est-à-dire leur appropriation de l'outil et leur intention d'intégration de l'outil dans leur parcours de formation [33]. L'attractivité de l'environnement dans lequel se déroule le jeu est également primordial, elle peut être favorisée par l'ajout d'effets visuels ou sonores, favorisant l'attention de l'apprenant.

f. Facette 6 : les conditions d'utilisation

Cette facette correspond au contexte dans lequel va être utilisé le SG. Plusieurs questions doivent se poser :

- Utilisation en présentiel ou en *e-learning* ?
- Utilisation en formation individuelle ou en groupe ?

- Utilisation seul ou dans le cadre d'un parcours de formation structuré associant d'autres outils pédagogiques ?

Les réponses à ces questions peuvent être définies par le client dans la phase d'analyse des besoins à l'initiation du projet. L'évaluation de ce critère reposera alors sur le respect du « besoin client », notamment le respect des contraintes techniques et organisationnel (matériel nécessaire pour la formation et temps imparti).

Basée sur les principes de l'andragogie, pour être la plus efficiente possible, la formation des professionnels doit reposer sur l'apprentissage par l'action ou méthode pédagogique active. Bien que très attrayant, le développement d'un *Serious Game* est un processus long et pluridisciplinaire qui nécessite une méthodologie et une connaissance précise de l'ingénierie pédagogique.

Partie 2 :

Formation des opérateurs en unité de production
stérile (UPS) : l'opportunité du Serious game

I. La formation du personnel : aspects réglementaires

Plusieurs textes régissent la formation du personnel travaillant en UPS. Les référentiels nationaux et internationaux accordent également une place importante à cette notion, qui semble largement contribuer à la qualité du produit fini.

A. Les textes réglementaires

1. Le code de la Santé Publique

Créé en 1953, le Code de la Santé Publique notifie en 2002 dans l'article L6155-1¹ que les pharmaciens sont soumis à une obligation de développement professionnel continu.

En 2004, l'obligation de développement professionnel continu s'étend aux Préparateurs en Pharmacie Hospitalière (PPH), via l'article L4242-1² qui stipule que « *le développement professionnel continu est une obligation pour les préparateurs en pharmacie et les préparateurs en pharmacie hospitalière. Il se réalise dans le respect des règles d'organisation et de prise en charge propres à leur secteur d'activité* ».

2. Loi Hôpital, Patient, Santé et Territoire

Promulguée par le ministère de la santé en 2009, la Loi Hôpital, Patient, Santé et Territoire³, a pour ambition de réorganiser et moderniser l'ensemble du système de santé.

Le chapitre II définit le Développement Professionnel Continu et en fait une obligation pour l'ensemble des professionnels de santé. Il a pour objectif « *l'évaluation des pratiques professionnelles, le perfectionnement des connaissances, l'amélioration de la qualité et de la sécurité des soins ainsi que la prise en compte des priorités de santé publique et de la maîtrise médicalisée des dépenses de santé* ».

¹ Article L6155-1, Code de la Santé Publique

² Article L4242-1, Code de la Santé Publique

³ LOI n° 2009-879 du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires

3. Arrêté du 6 Avril 2011

L'arrêté du 6 Avril 2011⁴ relatif au management de la qualité de la prise en charge médicamenteuse et aux médicaments dans les établissements de santé évoque la formation dans son article 7, « *La direction de l'établissement définit un plan de formation pluriannuel afin d'assurer la qualité et la sécurité de la prise en charge médicamenteuse du patient. Une formation s'impose pour tous les nouveaux arrivants ou lors de la mise en place d'une nouvelle procédure et mode opératoire. La formation spécifique à la mise en œuvre des procédures et modes opératoires est intégrée au développement professionnel continu.* »

B. Les référentiels Nationaux

1. Les Bonnes Pratiques de Pharmacie Hospitalière

Publiées en 2001 par le Ministère de la Santé, les Bonnes Pratiques de Pharmacie Hospitalière (BPPH) [36] donnent les lignes directrices spécifiques au PUI. Un chapitre complet est dédié au personnel, et aborde notamment les thèmes de la formation professionnelle continue, de son évaluation et de son enregistrement.

Ainsi, selon les BPPH, « *tout membre du personnel de la pharmacie à usage intérieur, quelle que soit sa qualification, bénéficie d'une formation initiale et d'une formation continue adaptées aux tâches qui lui sont confiées. Il a par ailleurs le devoir d'actualiser ses connaissances dans son domaine et dans tout domaine relevant de son activité. Il a accès à toute la documentation nécessaire relative à son activité. Sa formation continue est définie et planifiée en fonction des objectifs et des besoins de la PUI. Elle est enregistrée et évaluée périodiquement et aussi souvent que nécessaire pour toute tâche nouvelle ou particulière.* ».

2. Les Bonnes Pratiques de Préparation (BPP)

Publiées en 2007 par l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament (ANSM) et le Ministère de la Santé, les BPP[37] sont un référentiel s'appliquant à l'ensemble

⁴ Arrêté du 6 avril 2011 relatif au management de la qualité de la prise en charge médicamenteuse et aux médicaments dans les établissements de santé

des préparations, qu'elles soient stériles ou non stériles, réalisées en officine ou en PUI.

Les chapitres VI et VII, nommés respectivement « Préparations de médicaments stériles » et « Préparations de médicaments contenant des substances dangereuses pour le personnel et l'environnement » regroupent les directives essentielles à respecter en unité de production des médicaments stériles, au sein des PUI.

Il y apparaît que la formation du personnel doit être « approprié et évaluée ». Une notion supplémentaire est apportée pour le personnel manipulant des substances dangereuses, « *le personnel manipulant des substances dangereuses est qualifié et régulièrement formé. Une formation initiale et continue spécifique est donnée au personnel concernant la nature des produits manipulés, les risques encourus et les dispositifs de protection adaptés* ».

Très présente sur le versant réglementaire ou dans les référentiels applicables en PUI, la formation et la qualification du personnel ressortent comme des éléments clés dans le maintien de la qualité du produit fini. Aucune précision n'est cependant donnée sur la manière dont doit être menée la formation, qu'elle soit initiale ou continue. De même, alors que la notion de qualification est régulièrement abordée, la notion d'habilitation du personnel n'est pas évoquée. La qualification est définie comme la capacité d'une personne à exercer un métier ou un poste déterminé, censée dépendre de sa formation et de ses diplômes [38]. A l'inverse, l'habilitation professionnelle permet d'autoriser une personne à exécuter une tâche réglementée et reconnaît ainsi une autorisation hiérarchique [39].

II. La formation interne du personnel en UPS : état de l'art

A. La formation interne : une pratique systématique ?

Une étude réalisée par *Anne Colombe and al* [40] auprès des responsables d'unité de pharmacotechnie de 40 centres hospitaliers a permis d'étudier les pratiques de formation et d'habilitation du personnel travaillant en ZAC. Quatre-vingt-quatorze pour cent des centres ayant répondu mettent en place une formation spécifique pour les nouveaux PPH amenés à travailler dans l'unité. La formation continue est un peu moins fréquente, puisqu'elle est réalisée dans 84% des centres ayant répondu à l'étude.

B. La formation interne : par quels moyens pédagogiques ?

1. Les supports informatiques

a. Les diaporamas

Les diaporamas sont régulièrement utilisés dans les cours magistraux. Ils peuvent être utilisés dans la méthode pédagogique expositive déclarative pour la transmission de « savoirs cognitifs ou théoriques », tels que la connaissance des principes actifs (PA) ou des protocoles de chimiothérapies.

Egalement utilisés dans la méthode pédagogique expositive procédurale, les diaporamas peuvent permettre la transmission de « savoir-faire », par l'intermédiaire de la diffusion d'images ou de photos.

b. Les films

Différents films sur la préparation des médicaments AC stériles, et les risques associés sont mis à la disposition des formateurs. Sur le site de l'OMS, le film « Un jour comme les autres » [41], sensibilise à la notion de risque par les méthodes pédagogiques expositive et interrogative.

Le film « Casse d'un flacon de médicament anticancéreux dans un local de l'UCPC ou de la PUI » du réseau Oncolor[®], décrit la conduite à tenir en cas de bris de flacon contenant une substance dangereuse. Dans ce cas, la méthode pédagogique utilisée est la méthode démonstrative. L'apprenant s'imprègne de la procédure par la visualisation du film, puis il devra être capable de mobiliser ses connaissances pour reproduire la conduite à tenir dans la vie réelle.

2. Le *e-learning*

Le *e-learning* correspond à « l'utilisation des nouvelles technologies de l'internet pour améliorer la qualité de l'apprentissage en facilitant d'une part l'accès à des ressources et à des services, et d'autres part les échanges et la collaboration à distance »[42]. Il regroupe l'ensemble des 4 méthodes pédagogiques[43].

Il existe actuellement différentes plateformes de *e-learning* pour la formation du personnel des UPS, notamment les quiz proposés sur le site du GERPAC (Groupe d'Evaluation et de Recherche sur la Protection en Atmosphère Contrôlée) ou la plateforme Onco-TICE (Technologie de l'Information et de la Communication appliquées à l'Enseignement) du réseau Oncolor[®].

a. Les quiz en ligne du GERPAC

Les quiz proposés sur le site du GERPAC (Annexe 1) sont en libre accès après création d'un compte en ligne.

Ils sont répartis en 4 thématiques :

- suivi des installations,
- sécurité de la préparation,
- matériels et techniques,
- qualité – risque – réglementation.

Ces quiz sont accessibles aux pharmaciens hospitaliers ainsi qu'aux PPH avec des niveaux de difficultés et des contenus adaptés aux savoirs de chaque profession. L'apprenant répond en ligne et bénéficie d'une correction adaptée en cas de réponses fausses. Pour valider le quiz, l'apprenant doit obtenir un score minimum de 80% de bonnes réponses. Il décroche ainsi un badge témoignant de la validation de ses connaissances.

b. Les formations onco-TICE du réseau Oncolor®

Le réseau Oncolor® est un organisme de formation créé en décembre 2000. En 2008, a été créée, onco-TICE, une plateforme d'apprentissage sur internet en partenariat avec l'INPL (Institut National Polytechnique de Lorraine) et le Groupement de Coopération Sanitaire Télésanté Lorraine. L'objectif était de fournir une formation à distance pour un apprentissage actif en ligne destinée aux pharmaciens hospitaliers et PPH des UPS [44].

Deux sessions de formations de 30h, réparties sur 3 semaines sont organisées par an. Elles se divisent en 23h de *e-learning* et 7h de présentiel.

La formation *e-learning* permet l'acquisition de savoirs théoriques et pratiques sur les 9 thématiques abordées :

- risques liés à la manipulation d'anticancéreux,
- ZAC (isolateurs, hotte à flux d'air laminaire),
- circuit des personnes et des matières,
- ordonnances de chimiothérapie,
- préparation et dispensation de chimiothérapie,
- stabilité des médicaments anticancéreux injectables,
- qualification et contrôles des équipements,
- apprentissage des gestes de manipulation,
- mises en situation pratique.

Pour répondre à ces objectifs pédagogiques, les supports de formation proposés sont variés, avec notamment des diaporamas, des photographies, des quiz, ou encore des supports audiovisuels tels que les vidéos.

Dans le cadre du *e-Learning*, l'apprenant est pleinement acteur de sa formation. Il développe une autonomie dans la gestion de ses apprentissages, tant sur la durée que sur le contenu. L'individualisation et la personnalisation de la formation permise par le *e-learning* en fait un atout majeur pour l'apprenant.

Malgré tout, du fait de l'évolution constante des pratiques, de la mise sur le marché de nouvelles thérapeutiques et de recommandations en perpétuelle mutation, le travail d'actualisation de ces plateformes est essentiel, mais très chronophage pour

les formateurs. Le manque d'échange et d'interactivités avec le formateur peut également représenter une limite dans l'utilisation de ces plateformes en *e-learning*.

3. Les jeux

Basés sur la méthode interrogative, les jeux de sociétés tels que les jeux de cartes [45] développés par le CH d'Angoulême, ou le *Trivial Pursuit*[®] développé par le CHU de Poitiers, permettent l'acquisition en petit groupe de connaissances diverses, principalement associés aux « savoirs cognitifs ou théoriques ».

a. Les jeux de cartes

Chaque carte représente une molécule anticancéreuse, abordée sous trois thèmes :

- le médicament : la DCI (Dénomination Commune Internationale), la classe pharmacologique et conditions de conservation,
- la préparation du médicament : la technique de préparation, solvant et dispositif médical stérile,
- la pharmacie clinique : indications et protocoles.

Le recto présente les questions avec les items à cocher et le verso les réponses, avec des compléments d'information (Figure 18). Le jeu peut se jouer de manière individuel ou en petits groupes, pour favoriser l'échange et la réflexion en groupe [45].

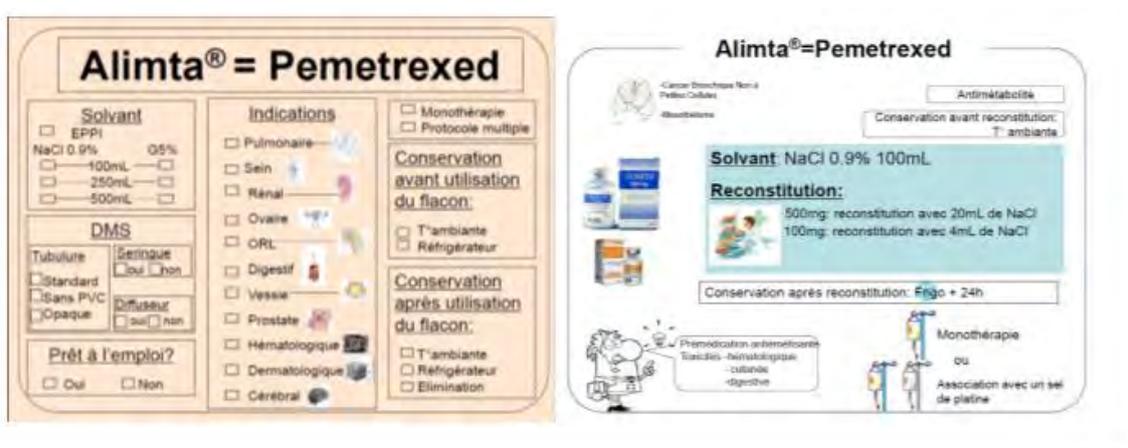


Figure 18: Recto-Verso d'une carte développée par le CH d'Angoulême

b. Le *Trivial Pursuit*[®]

Développé par le CHU de Poitiers, ce *Trivial Pursuit*[®] se compose de différentes cartes contenant une question sur leur recto et la réponse au verso. Il compte 750 questions réparties en 6 thématiques correspondant chacune à une couleur :

- le médicament,
- les dispositifs médicaux,
- l'hygiène et la sécurité,
- la législation et les BPP,
- la clinique,
- une catégorie « divers ».

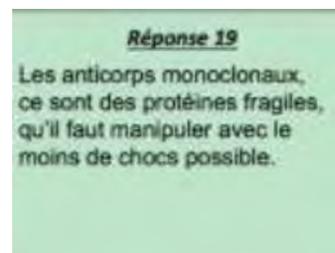
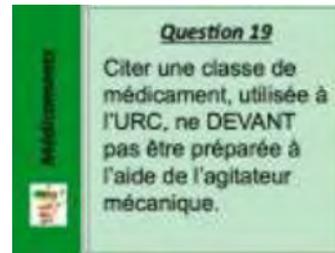


Figure 19: plateau et exemple de carte question/réponse du *trivial pursuit*[®] du CHU de Poitiers

Adaptables à chaque centre et à de nombreux publics, ces supports nécessitent cependant une actualisation régulière pour garantir une formation de qualité.

4. Le compagnonnage ou tutorat

Il est très largement répandu en UPS [40]. Il est principalement réalisé entre PPH, pour l'acquisition des savoirs pratiques, axé sur le « savoir-faire » ou le « savoir-être ». Faisant appel aux principes des méthodes démonstratives et actives, le tuteur alterne des périodes en tant qu'acteur et spectateur.

5. La simulation

Basée sur la méthode pédagogique active, elle regroupe en UPS des exercices réalisées en simulation *In-Situ* ou en simulation virtuelle de manière moins fréquente.

a. La simulation *In-Situ*

➤ Le Test de Remplissage Aseptique

Le test de remplissage aseptique (TRA) est utilisé pour qualifier un *process* et/ou un opérateur, sur le plan microbiologique. L'apprenant réalise différentes manipulations préétablies et en conditions défavorables (*worst cases*), à l'aide d'un milieu de culture de type Trypto-Caséine-Soja(TSB) ou Tryptone-Soja(TS)[46]. Il permet à la fois de former aux gestes de manipulation nécessaire à la production de médicaments stériles et de valider la capacité de l'apprenant à réaliser une préparation aseptique.



Figure 17: Composition d'un TRA

➤ Les tests à la quinine et à la fluorescéine

Les tests à la quinine et à la fluorescéine[47] sont basés sur le même principe que les TRA. Ils permettent de valider un process ou un opérateur sur le plan de la contamination chimique, par la manipulation de substances incolores mais fluorescentes aux ultraviolets. La révélation de fluorescence aux ultraviolets atteste de la contamination de l'environnement par les molécules de quinine ou fluorescéine manipulées. Ces deux molécules présentent également l'avantage d'être dosables, pour valider la précision de l'apprenant.

Dans ces deux tests, la formation est axée sur la méthode active, avec l'entraînement à la gestuelle de manipulation ou « savoir-faire ». L'apprenant est également sensibiliser aux risques de contamination de l'environnement, permettant d'acquérir des notions de « savoir-être ».

➤ Le test de simulation des fausses fiches de fabrication

L'étude SIMMEON [48] (*SIMulation of Medication Errors in ONcology*) publiée en 2015, avait pour but de détecter et prévenir les erreurs de fabrication lors de la préparation des anticancéreux. Basée sur les méthodes pédagogiques actives et interrogatives, elle se déroulait en 3 phases

La première consistait à injecter dans le circuit de production des fiches de fabrication contenant des erreurs volontaires de natures différentes (dosage, voie d'administration, durée d'administration, molécule, incompatibilités physico chimiques, date de péremption), dont les PPH n'avaient pas connaissance.

La deuxième était axée sur l'analyse et la discussion des erreurs, puis dans la troisième phase, de nouvelles fiches de fabrication erronées étaient mises en circulation.

Lors de la première simulation, 12 erreurs sur 25 n'ont pas été détectées. Parmi ces 12 erreurs, 3 auraient potentiellement causé la mort du patient, une seule un effet indésirable irréversible, 6 une hospitalisation prolongée, et 2 un impact sur la prise en charge.

Dans la troisième phase de l'étude, 20 erreurs sur 25 ont été détectées. Aucune des 5 erreurs non détectées n'auraient causé le décès ou un effet indésirable irréversible au patient.

Bien que très utile pour la sensibilisation du personnel à la notion de risque, cette méthode nécessite un encadrement maximum, pour ne pas risquer de voir arriver dans les services de soins une préparation issue de la simulation.

➤ La ZAC des erreurs

La ZAC des erreurs[49][50][51] est basée sur le même principe que la chambre des erreurs pour la formation des Infirmières Diplômées d'Etat (IDE), elle correspond à une mise en situation réelle. L'apprenant est immergé dans son environnement de travail, dans lequel il doit identifier l'ensemble des erreurs présentes. Elle permet à l'apprenant de développer certains réflexes et permet la transmission de nombreux savoirs, qu'ils soient théoriques ou pratiques. Les notions de « savoir cognitifs », « savoir-être » et « savoir-faire » pourront y être abordées.

b. La simulation en réalité virtuelle

La simulation virtuelle en UPS est en plein essor. En 2017, un travail multicentrique associant le CLCC François Baclesse de Caen, l'hôpital Saint Louis de Paris, l'EPSM de Caen, le centre hospitalier Robert Bisson de Lisieux et l'Association pour le Digital et l'Information en Pharmacie (ADIPh) a permis de mettre au point le SimUPAC 360°[®], premier outil de formation basé sur la réalité virtuelle en UPS.

Le SimUPAC 360°[®] est un parcours immersif à 360° en UPS. L'apprenant est en immersion dans un environnement virtuel photoréaliste simulant une ZAC dans laquelle différentes erreurs ont été introduites. La personne en formation déclare les erreurs rencontrées au fur et à mesure de sa progression dans la ZAC directement dans l'outil informatique.

Au total 60 erreurs ont été définies et intégrées dans SimUPAC[®], selon 6 thématiques :

- bonnes pratiques de préparation,
- suivi du patient,

- stockage,
- hygiène,
- EPI et EPC,
- gestion des déchets.

Chaque déclaration est analysée par le logiciel, et un rapport est rendu à l'apprenant à la fin de la formation, avec une correction détaillée de chaque erreur rencontrée.

Ce support est utilisable individuellement en auto-formation ou lors de formation interne en petits groupes.

C. Quels sont actuellement les limites à la formation professionnelle en UPS ?

Plusieurs problématiques existent lorsqu'il s'agit de la formation du personnel travaillant en UPS :

- la technicité des missions nécessite d'acquérir de nombreuses compétences spécifiques,
- la notion de risque est un frein majeur à la formation du personnel en conditions réelles,
- la multiplicité des compétences requises, qui concernent à la fois les savoirs cognitifs, le « savoir-faire » et le « savoir-être »,
- la formation s'adresse à un public de professionnels et les principes de l'andragogie sont souvent peu connus des formateurs,
- les contraintes en termes de temps et de ressources humaines.

Malgré la multiplicité des outils de formation actuellement utilisés par les centres pour la formation du personnel des UPS, aucun ne semble répondre à l'ensemble de ces problématiques.

Actuellement, les parcours de formation réalisés en interne nécessitent le recours à de nombreux supports pédagogiques pour permettre l'acquisition de l'ensemble des compétences nécessaires au travail en UPS, avec pour conséquence un allongement considérable du temps de formation nécessaire, allant d'une semaine à 3 mois avec une médiane à 4 semaines selon *Anne Colombe and al* [40].

1. Les limites en lien avec les méthodes de formation

D'après l'étude de *Anne Colombe and al* [40], il apparaît que les méthodes pédagogiques les plus utilisées sont les méthodes expositives et interrogatives pour les savoirs cognitifs (diaporamas et quiz principalement). La méthode démonstrative (compagnonnage, initiation sur paillasse) semble régulièrement utilisée pour la transmission des savoirs pratiques (« savoir-être » et « savoir-faire »). Le recours à la méthode pédagogique active *via* la simulation *In-Situ* (mises en situation, TRA ou Test à la fluorescéine) est un peu plus limité.

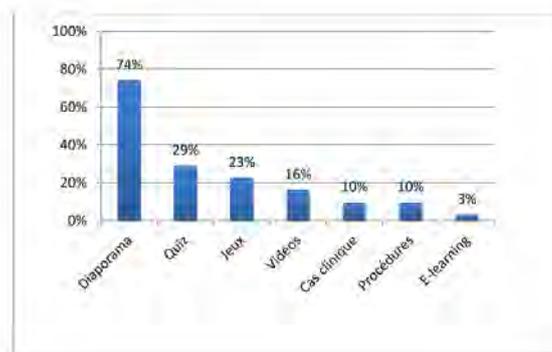


Figure 20: Répartition des supports utilisés pour la formation théorique, *Anne Colombe and al* [40]

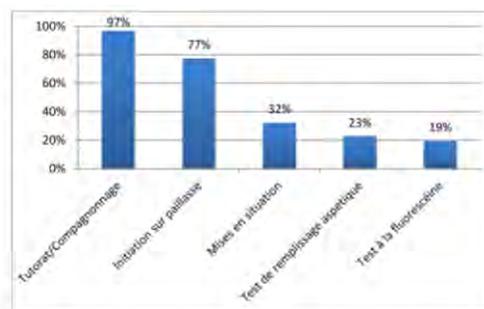


Figure 14: Répartition en pourcentage des supports utilisés pour la formation pratique des PPH

Figure 21: Répartition des supports utilisés pour la formation pratique, *Anne Colombe and al*[40]

Face à la criticité et la technicité requises pour le travail en UPS, l'acquisition des notions de « savoir-être » et de « savoir-faire » semble indispensable mais peu permises par les supports pédagogiques majoritairement utilisés.

Comme énoncé dans la première partie, la transmission des « savoirs être » et des « savoirs faire » est principalement permise par les méthodes pédagogiques démonstrative et active.

Une notion supplémentaire est apportée en UPS, puisque la formation s'adresse à un public d'adulte professionnel, renvoyant à la notion d'andragogie. Selon les principes de l'andragogie, la méthode pédagogique active est la plus adaptée, mais actuellement la moins employée en UPS.

Le recours à la simulation, qu'elle soit *In-Situ* (TRA, test à la fluorescéine) ou virtuelle, permettant la transmission de « savoirs cognitifs », « savoir-faire » et « savoir-être » par la méthode pédagogique active semble être une solution adaptée à la formation interne. Sa mise en œuvre est cependant complexifiée par le contexte de travail.

2. Limites en lien avec le contexte de travail

Les TRA ou les tests à la quinine ou à la fluorescéine sont les exercices de simulation les plus souvent réalisés en UPS. Il existe cependant de nombreux freins à leur généralisation. La contrainte en terme d'espace, avec l'immobilisation de la salle et des équipements nécessaires ayant un impact sur les activités de routine. Les contraintes de temps et de ressources humaines existent également puisque la mise en place d'une simulation *In-Situ* nécessite un temps non négligeable de préparation et de nettoyage des équipements, mais aussi la présence d'un personnel formateur (PPH ou pharmacien) détourné de ces activités de routine.

Bien que très efficace sur le plan des gestes professionnels du quotidien, la simulation *In-Situ* ne permet pas de simuler des procédures ou accidents exceptionnels pouvant présenter un risque pour le personnel ou l'environnement, avec par exemple le bris d'un flacon de cytotoxiques ou une pique. Bien qu'exceptionnelles, il est pourtant essentiel que le personnel soit formé à ces situations d'urgence.

La notion de coût est également à prendre en compte lors de la mise en place de la simulation *In-Situ* qui nécessite le recours à des équipements spécifiques et de nombreux consommables augmentant le coût de formation.

Outre ces contraintes en termes de temps, d'espace et de coût, la contrainte sécuritaire est prépondérante. Faire rentrer et travailler une personne en formation dans la ZAC augmente la notion de risque, avec notamment un accroissement du risque de contaminations. Le risque opérateur est également à prendre en compte, avec un risque majoré de mauvaise manipulation (perçage de gants, casse de matériel...).

Bien qu'elle soit la méthode permettant de répondre aux plus grands nombres de problématiques liées à la formation interne du personnel travaillant en UPS, les contraintes en termes d'espace, de temps, de coût, de ressources humaines et le risque associé à la formation en situation réelle, sont les freins majeurs au développement de la simulation *In-Situ* en UPS. En s'affranchissant de ces contraintes et en permettant la simulation de nombreuses procédures exceptionnelles non simulables *In-Situ*, la simulation virtuelle peut apparaître comme une solution adaptée pour la formation du personnel en UPS.

III. La simulation virtuelle : une solution adaptée à la formation opérateurs en UPS ?

Les termes de performance, efficience ou productivité sont omniprésents en milieu professionnel. Dans ce contexte, les professionnels se forment de manière continue dans le but d'acquérir de nouvelles compétences et de devenir plus efficace ou plus performant dans leur exercice professionnel.

Face à cette demande de formation généralisée, sans distinction de métier ou de niveau de scolarité, il apparaît essentiel de proposer des outils de formation adaptés et évolutifs. Pour s'adapter à ces nouvelles demandes de formation et d'apprentissage, l'ingénierie de formation cherche à produire des outils pédagogiques attractifs pour un public de professionnel permettant d'atteindre les objectifs fixés

Dans l'article de *M. Denami and al*, l'efficacité d'un *Serious Game* pour la formation des professionnels travaillant en zone de production aseptique industrielle a été comparée à une méthode de formation dite « traditionnelle » par lecture d'un document qualité au format papier [53][54].

Un test en 3 phases a été réalisé sur un échantillon de 45 personnes divisés en deux groupes, 23 dans le groupe *Serious Game* et 22 dans le groupe « méthode traditionnelle ». Le pré-test consistait en la réalisation d'une procédure de bio-nettoyage et d'une procédure de remplacement de la boîte de Pétri dans la machine de production sans formation préalable. La deuxième phase consistait à suivre la formation répondant aux critères de ces deux procédures. Enfin, chaque groupe devait ensuite réaliser ces deux mêmes procédures en post formation.

Pour l'évaluation, chaque procédure a été décomposée en une série de tâches simples. Chaque tâche était jugée comme « bien exécutée » (1 point), « mal exécutée » (0 point), ou « bien exécutée mais au mauvais moment » (0.5 point). Les résultats obtenus pour chaque groupe sont résumés dans le Tableau 3.

Tableau 3: moyennes des scores globaux obtenus aux pré-test et post-test, M. Denami and al [54]

Procédure	Protocole	Effectifs	Moyenne	Ecart-type
Score global au pré test	<i>Serious Game</i>	23	10,4	2,7
	Traditionnel	22	10,0	2,9
Score global au post test	<i>Serious Game</i>	23	17,0	1,6
	Traditionnel	22	14,6	2,8

L'utilisation du *Serious Game* permet donc aux personnes en formation d'être plus performantes dans l'exécution des tâches réelles.

Dans cette étude, l'ensemble des effectifs des échantillons a visionné une vidéo d'une tierce personne réalisant les procédures cruciales d'une journée de production dans laquelle ont été glissées volontairement quelques erreurs. Chaque apprenant devait visualiser la vidéo, commenter et signaler les erreurs détectées. Une erreur détectée était qualifiée de « pertinente » lorsqu'elle concernait un geste ou un comportement non conforme aux BPF et « non pertinente » lorsqu'elle était signalée comme fausse alors qu'elle était conforme aux BPF. Pour le groupe formé par le *Serious Game* 89.3% des sujets du groupe ont identifié toutes les erreurs et

comportements non conformes, contre 52.2% des sujets dans le groupe formé par la méthode traditionnelle.

Au-delà de l'amélioration des performances dans les tâches exécutées, ces résultats montrent que le *Serious Game* améliore l'esprit critique des apprenants et leur capacité à détecter les criticités liées à une situation présentée.

Partie 3 :

Développement d'un *Serious Game* adapté à la
formation des opérateurs en UPS

L'efficacité prouvée par *M. Denami and al* [54] d'un *Serious Game* pour la formation professionnelle des opérateurs travaillant en usine de production pharmaceutique, a permis d'envisager le développement d'un outil de formation faisant appel aux mêmes principes pédagogiques, mais adapté pour la formation à la manipulation aseptique en milieu hospitalier.

Dans le cadre de ce projet, l'outil devait permettre l'acquisition des compétences procédurales nécessaires à la pratique de la manipulation aseptique en UPS par la simulation d'une journée type en UPS. Les perspectives d'utilisation étaient :

- pour la formation initiale : familiariser l'apprenant avec l'environnement d'une ZAC, le comportement général à adopter et les notions essentielles associées aux risques spécifiques,
- pour la formation continue : corriger d'éventuelles dérives de pratique.

Le développement d'un tel outil été conduit par un groupe de travail pluridisciplinaire, selon la méthode ADDIE de l'ingénierie pédagogique, énoncée précédemment.

I. Conception du *Serious Game*

A. Composition du groupe de travail

A la différence d'un jeu vidéo classique qui nécessite avant tout des connaissances en programmation et développement informatique, la dimension pédagogique du *Serious Game* ajoute une contrainte qui rend indispensable les connaissances en pédagogie mais également les connaissances précises dans le domaine ciblé. Pour cela l'équipe en charge du développement du projet doit être au minimum composée, d'un expert en pédagogie, d'experts dans le domaine ciblé et d'une équipe de concepteur/développeur informatique.

Dans le cadre de ce projet, l'équipe était composée :

- d'un expert en pédagogie
- de 3 pharmaciens experts en pharmacotechnie
- d'une interne en pharmacie
- d'une équipe de *designers* et développeurs spécialisés dans la technologie 3D telle que la réalité augmentée ou la réalité virtuelle (entreprise Whitequest®).

La Figure 22 résume de manière schématique les différentes étapes du développement et le rôle des différents acteurs.

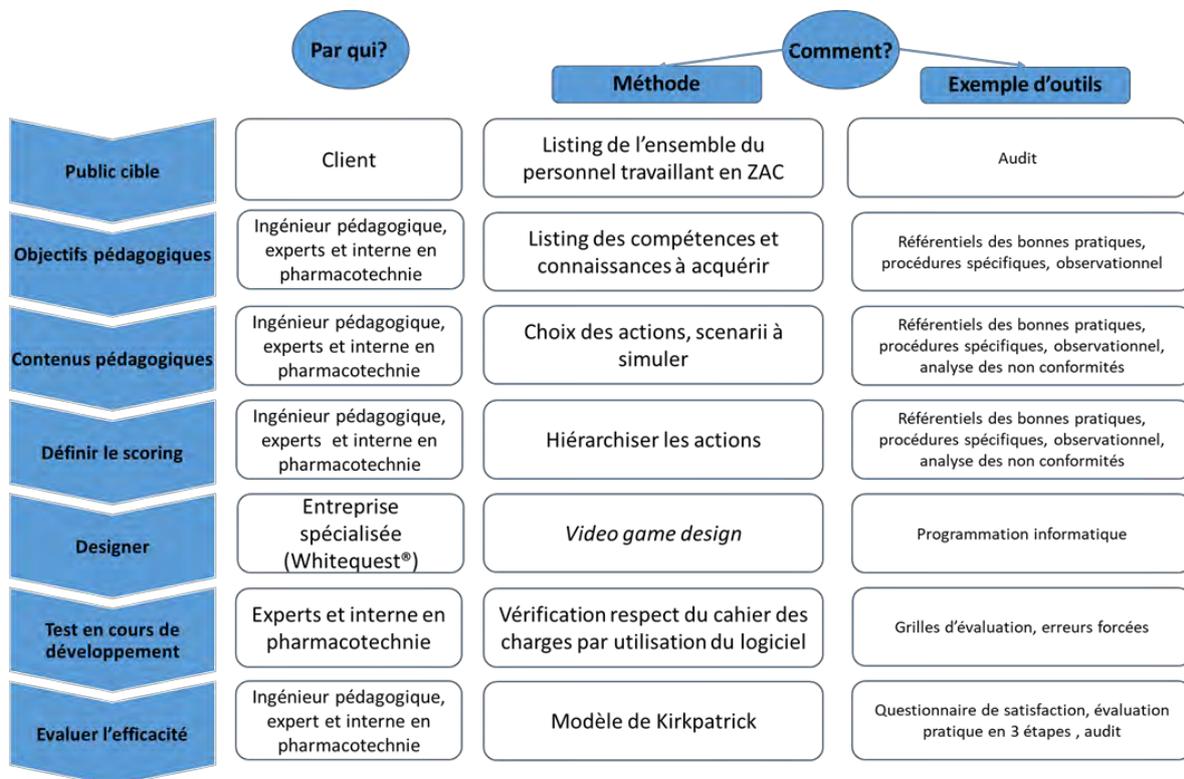


Figure 22: Schéma global du développement et rôle des différents acteurs

Une fois composé, le groupe projet a pu travailler sur le développement de l'outil en suivant les 5 phases de la méthode ADDIE :

- analyse,
- design ou conception,
- développement ou réalisation,

- implantation ou diffusion,
- évaluation.

La phase d'implantation correspond à la mise à disposition du logiciel au public cible par l'entreprise conceptrice, elle ne sera détaillée.

B. Application de la méthode ADDIE

1. Première phase : la phase d'Analyse

La phase d'analyse correspond à l'analyse des besoins, des moyens et des objectifs pédagogiques du *Serious Game*. Elle doit tenir compte des moyens de formation déjà existant et des contraintes associées. Elle permet d'établir le *storyboard* du SG et favoriser ainsi son développement de manière cohérente et structurée.

a. Analyse des besoins de formation

Dans le cadre de ce projet la phase d'analyse correspondait à l'ensemble des arguments qui ont amenés le groupe projet à s'orienter vers de la simulation par interface numérique, après analyse de la littérature et des besoins pratiques détaillés dans la deuxième partie.

Pour résumer, les besoins retenus par l'équipe de travail étaient:

- un support de formation répondant plus particulièrement aux spécificités de l'andragogie (apprentissage par l'action),
- un support de formation permettant une formation du personnel aux « savoir-être », « savoir-faire » et « savoirs cognitifs » nécessaire à la pratique professionnelle en UPS,
- un support de formation permettant une optimisation des durées de formation,
- un support de formation permettant de s'affranchir autant que possible des contraintes en termes de temps, d'espace et de ressources humaines.

L'objectif établi de l'outil était de simuler une journée type en UPS, regroupant l'ensemble des actions réalisées par le personnel. Le but était de former le personnel à la manipulation aseptique en UPS hospitalière, avec pour corollaire le comportement général à adopter en UPS.

b. Détermination du public cible

Le personnel des UPS est hétérogène, tant sur la formation initiale (Pharmacien hospitalier, étudiant en pharmacien, PPH et stagiaires PPH, personnel de maintenance et de logistique), que sur les tâches professionnelles à accomplir. Selon le cahier des charges, l'outil devait pouvoir être utilisé en formation initiale pour un personnel novice susceptible de rentrer en ZAC, comme en formation continue pour un personnel confirmé. Le groupe de travail a donc décidé de définir un public cible relativement large, comprenant les externes, les internes en pharmacie, les PPH et les stagiaires PPH, ainsi que les pharmaciens nouvellement arrivés dans l'unité, quel que soit leur niveau en manipulation aseptique.

c. Détermination de l'environnement simulé

Actuellement, la majorité des UPS hospitalières sont équipées de ZAC de classe C ou D contenant des isolateurs. Pour répondre à la configuration la plus fréquemment rencontrée, l'environnement simulé choisie par le groupe de travail, a été une ZAC de classe C contenant un isolateur.

Conformément aux BPP [37], les locaux devaient être aménagés de sorte à proposer un trajet de l'apprenant selon le principe de la marche en avant, avec une avancée séquentielle dans des zones de classe d'empoussièremment de qualité croissante jusqu'à l'entrée dans la salle de préparation (Classe C). La sortie de la zone de production devait être indépendante de l'entrée et comprendre des espaces cloisonnés de classe d'empoussièremment de qualité décroissante. La Figure 23 montre la configuration de la ZAC modélisée. Sur la Figure 24 apparaissent les niveaux de propreté des différentes salles, l'échelle de propreté est symbolisée par un dégradé de couleur allant du plus foncé (plus sale) au plus clair (plus propre).

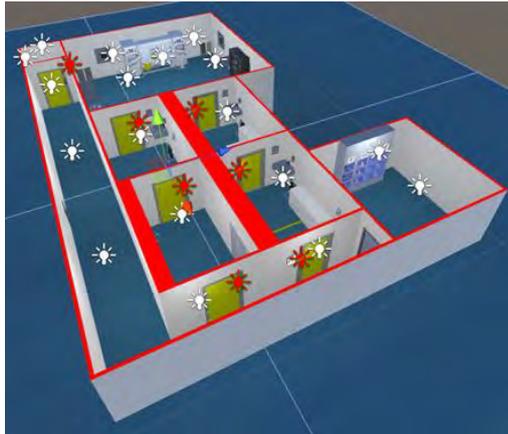


Figure 23 : Plan de l'environnement simulé



Figure 24 : Plan de l'environnement et niveau de propreté des salles

Après la définition du public cible et de l'environnement simulé, l'ingénieur pédagogique, les experts et à l'interne en pharmacotechnie ont travaillé plus spécifiquement sur les contenus du SG nécessaires pour répondre aux objectifs pédagogiques, c'est alors le début de la phase de Design.

2. La deuxième phase : phase de Design

La phase de Design vise à formaliser les données de la phase d'analyse. Elle permet de définir le contenu de l'outil.

La première étape a été la détermination du contenu pédagogique ou objet didactique nécessaire pour répondre à l'objectif de l'outil définie dans la phase d'analyse.

a. Détermination de l'objet didactique

L'objet didactique correspond aux contenus pédagogiques de l'outil [25]. Ce contenu pédagogique doit correspondre aux objectifs pédagogiques définis c'est-à-dire permettre l'acquisition des compétences fixées.

L'analyse des référentiels tels que les BPP[37], des procédures internes et la réalisation d'observation sur sites ont permis de définir différentes compétences cibles.

Environ 100 compétences ont été définies et divisées en 3 grands thèmes :

- environnement, équipement et hygiène,
- méthode de préparation aseptique,
- qualité et gestion des risques.

Le Tableau 4 résume, pour chaque thème, les grands axes des principales compétences professionnelles à acquérir.

Tableau 4: Thématiques et compétences professionnelles associées ciblées dans le Serious Game

Thèmes	Compétences professionnelles
Environnement, équipement et hygiène	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître les procédures d’habillage spécifique - Connaître les règles d’hygiène personnelle - Connaître les procédures d’hygiène et d’entretien d’une ZAC
Méthode de préparation aseptique	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître le matériel utilisé pour la manipulation aseptique - Comprendre comment réaliser une préparation aseptique
Qualité et gestion des risques	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître les conduites à tenir en cas de : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bris de flacon ✓ Piqûre ✓ Rupture de la stérilisation de l’enceinte de l’isolateur - Connaître les différents risques de contamination en ZAC

Après avoir définie le contenu pédagogique, il a été nécessaire de déterminer la manière de le retranscrire dans le *Serious Game*. Ceci correspond à la détermination de l'objet pédagogique.

b. Détermination de l'objet pédagogique

➤ Détermination du contenu pédagogique

L'objet pédagogique correspond aux technologies mises en œuvre pour modéliser l'objet didactique préalablement défini et formaliser les compétences à acquérir dans le *Serious Game*.

L'ingénieur pédagogique et l'interne ont retenu deux manières de représenter les compétences à acquérir:

- sous forme d'un *scénario* : méthode pédagogique active, l'apprenant réalise l'action, à travers son avatar,
- sous forme d'un point d'intérêt pédagogique (POI) : méthode pédagogique expositive. L'apprenant peut lors de sa séance de simulation interagir avec des cibles permettant d'ouvrir un contenu pédagogique sous forme d'une image associée à un texte explicatif comme présenté dans la Figure 25.

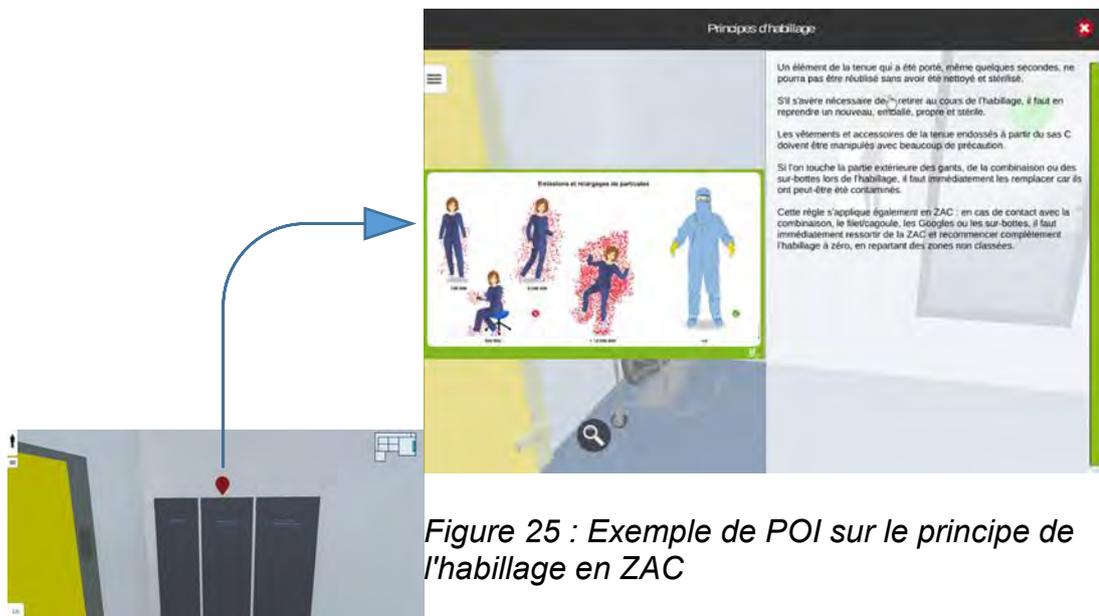


Figure 25 : Exemple de POI sur le principe de l'habillage en ZAC

Enfin l'interface homme-machine, c'est-à-dire les possibilités d'interactions sur les objets, le personnage et l'environnement simulé a été défini. Pour cela chaque action a été divisée en une suite d'étapes par l'interne. L'Annexe 2 est un exemple d'analyse des différentes étapes de préparation d'une poche d'AC réalisée à partir d'un PA en ampoule, permettant de fournir aux *designers* une synthèse des étapes nécessaires à la programmation et au *design* des interactions Homme/Machine et Objet/Objet dans l'interface numérique.

Pour éviter toute difficulté inhérente à l'utilisation du logiciel, les interactions sur les objets ont été définies suivant des critères d'intuitivité et de simplicité. Pour exemple, lorsque l'apprenant interagit avec un objet qu'il prend dans sa main, celui-ci apparaît en bas de l'écran ou sur le côté droit dans un onglet symbolisé par un sac à dos, comme présenté sur la Figure 26.



Figure 26: Liste des objets pris dans les mains de l'apprenant

Au total 7 scénarios et 36 POI ont été intégrés au SG.

L'ensemble des POI sont résumés dans le Tableau 5. Seize concernent le module « Equipement, environnement et hygiène », 17 le module « Qualité et gestion des risques » et 2 le module « méthode de préparation aseptique ».

Les scénarios modélisés sont :

- habillage en Classe C,
- déshabillage en Classe C,
- préparation/nettoyage de l'isolateur,
- préparation d'une poche d'AC à partir d'un PA en ampoule,
- préparation d'un AC en diffuseur portable à partir d'un PA en poudre,

- préparation d'un AC en seringue à partir d'un PA prêt à l'emploi.

Un scénario nommé « exploration libre » a été créé pour permettre à l'apprenant de naviguer librement dans l'environnement simulé.

Pour chaque scénario modélisé, l'apprenant doit réaliser une liste de tâches correspondant aux référentiels des bonnes pratiques. Tout écart aux procédures correspond à une erreur de l'apprenant.

Tableau 5: Intitulés des POI intégrés au logiciel

Equipement, environnement, hygiène	Qualité et gestion des risques	Méthode de préparation aseptique
Risque de contamination lié aux habits de ville	Prévenir les contaminations croisées	Matériels nécessaires à la manipulation aseptique
Différence entre un lavage simple et chirurgical des mains	Tri des déchets de production	Procédure de décontamination des flacons
Principe de la marche en avant	Cascade de pression	
Rôle et utilisation des chaussures de zone	Changement en urgence des gants de l'isolateur	
Enfilage des sur chaussures	Règles de travail en isolateur	
Les différents types de bancs séparateurs	Bancs et sécurité incendie	
Les 4 méthodes de nettoyage	Rôle et utilisation des différents types de gants	
Intérêt de la charlotte	Intérêt du marquage au sol	
Intérêt des sur-chaussures	Intérêt des miroirs lors de l'habillage	
Intérêt des SAS de sortie du matériel en double portes (« passe-plat »)	Intérêt et utilisation de la douche de sécurité et du rince œil	
Intérêt et utilisation des sprays désinfectants	Flux aérauliques	
Intérêt et utilisation du masque de chirurgien	Méthode de traitement de l'air	
Habillage du haut vers le bas	Importance de la maîtrise des paramètres environnementaux	
Nettoyage des surfaces	Intérêt et utilisation des poubelles	
Importance de l'hygiène des mains	Intérêt et utilisation des chariots	
Intérêt et utilisation des lingettes de nettoyage	Différence entre nettoyage et désinfection	
	Règle d'or du comportement général en ZAC	

➤ Gestion des erreurs

La gestion des erreurs est un des critères ergonomiques développés dans la première partie [24]. La didactique professionnelle a permis de définir les compétences à acquérir et les actions à réaliser. Il existe cependant de nombreuses erreurs possibles dans la réalisation de ces actions.

Pour être pleinement efficace, le SG doit être capable d'alerter l'apprenant en temps réel sur ses erreurs au cours de la séance de simulation ou de rendre un rapport en fin de séance répertoriant l'ensemble des erreurs commises.

Ceci a nécessité de répertorier par anticipation, l'ensemble des erreurs pouvant être commises pour chaque action simulée dans le SG. La détermination des erreurs potentielles a été réalisée par l'interne après analyse des écarts possibles aux référentiels opposables et une analyse des non conformités observées dans 2 UPS. Ceci a permis d'isoler environ 50 erreurs possibles. Pour chaque erreur, la programmation du logiciel a permis de faire apparaître un *POP-UP* d'alerte dont le contenu a été déterminé par l'interne et l'ingénieur pédagogique.

La Figure 27 est un exemple de *POP-UP* apparaissant après non-respect des procédures d'hygiène et d'habillement.



Figure 27: Exemple de *POP-UP* d'alerte sur les erreurs commises en cours de procédure

L'Annexe 3 résume sous forme d'un tableau les thématiques abordées dans le SG, les compétences cibles à acquérir, les erreurs possibles anticipées les *POP-UP* et les *POI* associés.

L'intégration d'un système de gestion des erreurs dans la programmation du logiciel a permis d'envisager une évaluation en temps réel de l'apprenant au cours de la séance de simulation.

c. Détermination des méthodes d'évaluation de l'apprenant intégré au SG

Lors du développement du support de formation et dans l'hypothèse d'une utilisation en *e-learning*, il paraissait intéressant de réfléchir à une méthode d'évaluation de l'apprenant intégrée au SG. Le groupe de travail a ainsi définie deux méthodes d'évaluation, un système de *tracking* et une évaluation en fin de session sous forme de QCM.

Le système de *tracking* a été intégré dans la programmation du logiciel, après définition d'un algorithme de calcul du score. Il est basé sur l'analyse en temps réel des écarts de procédures réalisés par l'apprenant (erreurs anticipées). Ainsi à chaque erreur, un *POP-UP* apparaît pour avertir l'apprenant sur son erreur et le logiciel l'enregistre dans un algorithme qui permet de générer un rapport de séance consultable par l'apprenant en fin de session. Cet algorithme prend également en compte le temps écoulé, le nombre d'hésitations et l'évolution des performances, comme des facteurs influençant le score [54].

La seconde méthode d'évaluation repose sur des QCM en fin de session. Cinquante-quatre QCM, de difficultés variables, portant sur la totalité des compétences cibles à acquérir, ont été définis par le groupe de travail et intégrés aux SG. Vingt-trois QCM concernent l'item « Qualité et gestion des risques », 27 QCM concernent l'item « Environnement, équipement et hygiène » et 4 concernent l'item « méthode de préparation aseptique ». Une fois la séance de simulation terminée, l'apprenant peut visualiser son score et une correction détaillée des QCM, comme présenté dans la Figure 28.

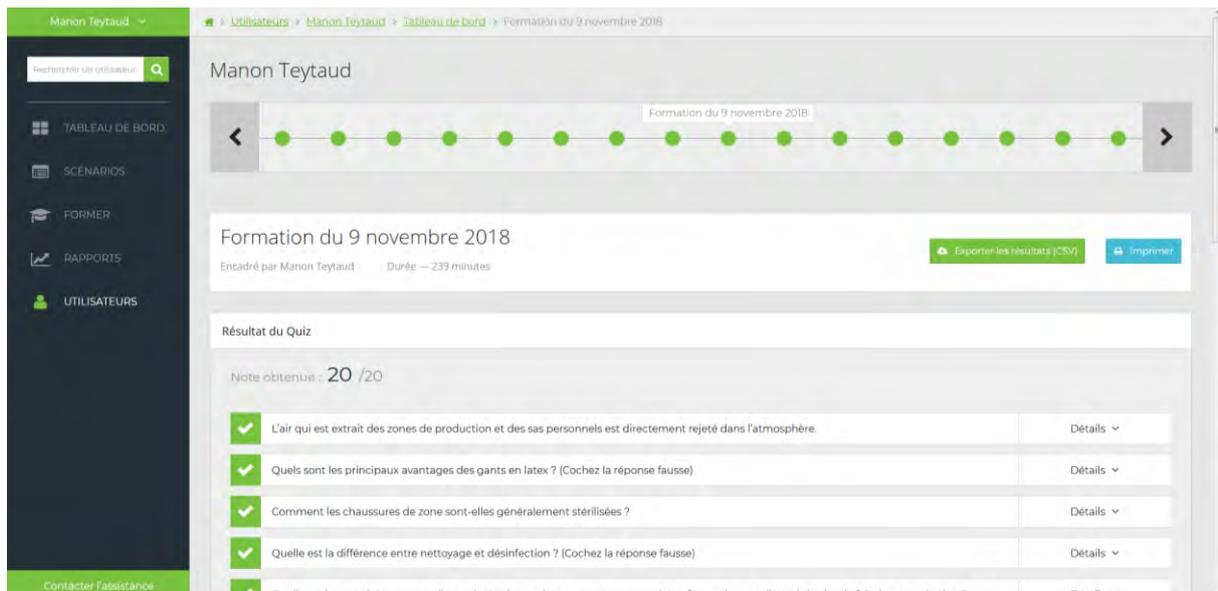


Figure 28: Rapport d'évaluation de fin de séance sur les résultats aux QCM

Un rapport d'évaluation est automatiquement généré par le logiciel en fin de session, regroupant les résultats du *tracking* et le score obtenu aux QCM, qui permettra à l'apprenant de suivre sa progression et au formateur d'orienter son débriefing de fin de session.

3. La phase de développement

La phase de développement, comprenant l'étape de modélisation et de programmation du logiciel a été réalisée par l'entreprise Whitequest[®] spécialisée dans le développement de solutions numériques utilisant les technologies 3D. Les différents objets à modéliser, résumés dans l'Annexe 4 ont été définis par l'interne et l'ingénieur pédagogique en fonction des scénarios déterminés dans les phases précédentes.

A la fin de cette phase, le premier prototype du logiciel comprenant 7 scénarios modélisés, 36 POI et un système d'évaluation de l'apprenant a été obtenu.

C'est sur cette première version que certains membres du groupe de travail ont pu réaliser différents tests, amenant à des évolutions et des améliorations du logiciel.

L'objectif de ces tests en cours de développement était d'aboutir à une version plus adaptée et plus ergonomique, qui pourra par la suite être testée en conditions réelles sur le public cible pour évaluer son efficacité.

4. La phase d'évaluation du prototype : les tests en cours de développement

Au total, près de deux ans de travail de développement ont été nécessaires à l'élaboration du logiciel. Les tests sur le prototype ont été effectués par l'interne et les pharmaciens experts en pharmacotechnie qui devaient transmettre un rapport d'évaluation à l'équipe de réalisateurs, après chaque utilisation du logiciel, pour cibler les problèmes, les *bugs* et les incohérences rencontrés.

Les critères évalués reflétaient les indicateurs qualité ou « facettes » détaillés par *Iza Marfisi-Schottman and al.* [28] et inspiré des travaux de *Marne and al.* [29], avec notamment :

- le respect des objectifs pédagogiques : respect du contexte authentique avec l'évaluation de la cohérence et de la pertinence des scénarios vis-à-vis des compétences cibles à acquérir,
- l'ergonomie du jeu [24]: le guidage, la gestion des erreurs, les interactions Homme/Machine et Objet/Objet et l'adaptabilité.

a. Le respect de la simulation en contexte authentique

Il a été défini dans la première partie l'importance du contexte authentique dans l'efficacité d'un SG [6]. Le décorum ou contexte authentique définie à la fois la fidélité de l'environnement et des actions simulées, mais aussi la cohérence de celles-ci.

Lors des évaluations en cours de développement, le critère étudié était principalement la conformité des actions demandées aux référentiels opposables, suivant une chronologie cohérente et applicable à la pratique réelle. Le

Tableau 6 récapitule les actions testées pour la validation du scénario modélisé par le groupe de travail.

Tableau 6: Les critères d'évaluation du contexte authentique

Scénarios	Actions modélisées et validées
Habillage classe C	<ul style="list-style-type: none"> - Habillage séquentiel dans différentes salles de Classe d'empoussièrement croissante - Respect du principe de la marche en avant (asservissement des portes) - Respect des éléments de la tenue professionnelle adaptée à la Classe C (pantalons, tunique, surblouse, chaussures de zone, surchaussures, masques, gants et charlotte) - Pas de croisement des circuits vêtements de ville et tenues professionnelles - Retrait des vêtements de ville et des bijoux - Respect de l'hygiène des mains
Nettoyage et préparation d'un isolateur	<ul style="list-style-type: none"> - Cohérence du matériel nécessaire au nettoyage de l'isolateur avec les bonnes pratiques - Respect du sens de nettoyage des surfaces
<p>Scénarios de préparation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Préparation d'une poche d'AC à partir d'un PA en ampoule - Préparation d'un AC en diffuseur portable à partir d'un PA en poudre - Préparation d'un AC en seringue à partir d'un PA prêt à l'emploi 	<ul style="list-style-type: none"> - Cohérence du matériel nécessaire avec les procédures de préparation (Exemples : prise d'un filtre toupie lors de la préparation à partir d'une ampoule en verre, nombre de seringues ou d'aiguilles nécessaires...) - Présence d'un SAS de décontamination de haut niveau d'efficacité pour l'entrée du matériel dans l'isolateur - Fréquence de changements de gants - Cohérence de la chronologie des étapes de préparations à réaliser (Exemple reconstitution du PA en poudre avant prélèvement du volume nécessaire de PA)
Déshabillage en classe C	<ul style="list-style-type: none"> - Respect du déshabillage séquentiel - Absence de croisement des circuits de vêtements de ville avec les tenues professionnelles - Tri des tenues : jeter ce qui est à usage unique et placer dans des bacs dédiés ce qui doit être lavé avant réutilisation - Respect de l'hygiène des mains

Les tests ayant permis de mettre en évidence le respect du cahier des charges sur le décorum modélisé par l'équipe *design*. L'aspect de la simulation en contexte authentique sur le prototype a donc été validé sans modification nécessaire, par les membres du groupe de travail.

b. Evaluation de l'ergonomie de l'outil

Les différents critères utilisés pour évaluer l'ergonomie du jeu étaient :

- le guidage,
- les actions et progression,
- la gestion des erreurs,
- les interactions homme/machine et objet/objet.

➤ Le guidage

Le guidage concerne à la fois l'aide à la prise en main du logiciel et la liste des tâches à effectuer. Il est essentiel pour augmenter la motivation intrinsèque de l'apprenant, et faciliter son acceptation et son adhésion à la séance de simulation.

- Les aides à la prise en main du logiciel

Lors des premiers tests effectués, une difficulté d'utilisation du logiciel, apparemment en lien avec l'expérience dans l'utilisation des nouvelles TIC, représentait un frein majeur à la progression de l'apprenant dans l'environnement simulé. Un travail réalisé avec l'équipe de *designers* a permis d'apporter des améliorations au logiciel pour que l'utilisation et la réussite de la séance de simulation ne soient pas influencées par l'expérience de l'apprenant dans l'utilisation des jeux vidéo (joueur régulier, occasionnel ou exceptionnel).

Une des premières améliorations apportée a été l'élaboration d'un écran explicatif en début de session, détaillant la signification des différents logos présents sur l'écran de jeu et les moyens utilisés pour avancer et progresser dans l'environnement simulé (Figure 29).

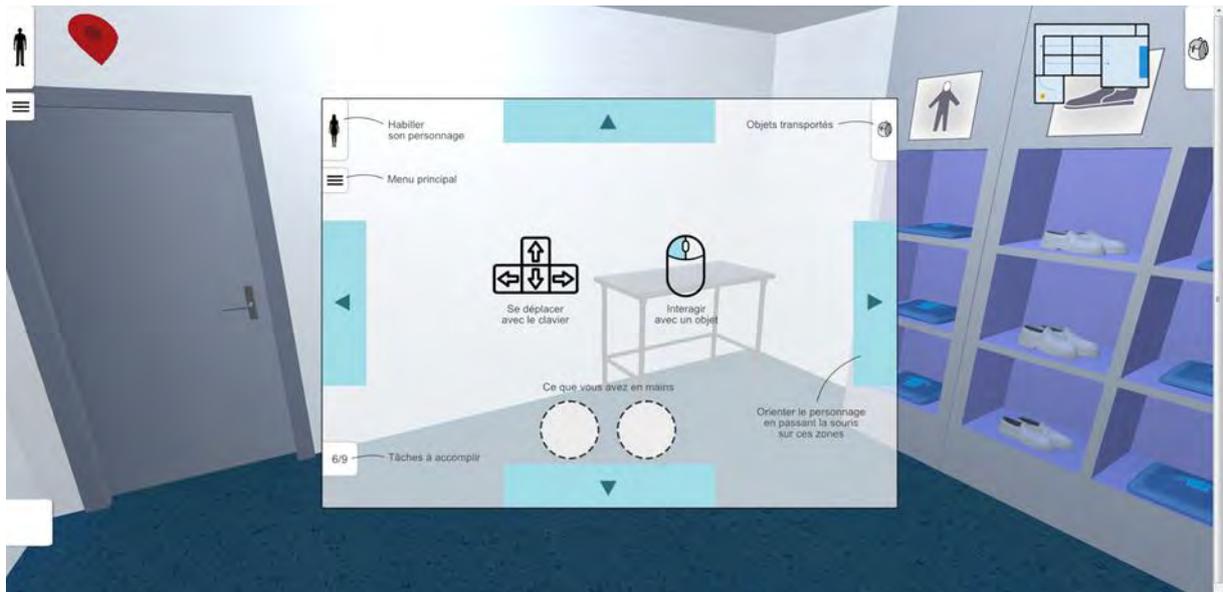


Figure 29: Ecran d'aide à la prise en main du logiciel

Pour pouvoir réaliser un certain nombre d'actions et progresser dans le jeu, l'apprenant doit interagir avec différents logos modélisés dans le logiciel. Lors des premiers essais sur le prototype, les logos apparaissaient à une taille jugée insuffisante limitant la compréhension et les possibilités d'interactions. Des propositions faites par l'équipe en charge des tests à l'équipe modélisatrice a donc permis d'apporter les améliorations nécessaires sur ces logos. La taille, le graphisme et la sensibilité d'interaction ont été nettement améliorés, facilitant la fluidité des interactions et la progression de l'apprenant. Le Tableau 7 fait une synthèse de tous les logos modélisés permettant des interactions dans le SG, qui se doivent d'être intuitifs et visuellement explicites.

Tableau 7: Détails des logos modélisés et signification

Logos	Action simulée
	Prendre un objet
	Ouvrir le sachet contenant l'objet

	<p>Séquence d'hygiène des mains : mouillage, savonnage, séchage</p>
	<p>Connexion/déconnexion du matériel de manipulation</p>
	<p>Prélèvement de PA ou solvant</p>
	<p>Homogénéisation par retournement</p>
	<p>Injection de PA ou solvant</p>

- Les aides à la progression

Lors d'une séance de simulation, l'apprenant doit effectuer un certain nombre de tâches spécifiques pour pouvoir progresser et avancer dans le jeu. L'apparition des tâches à effectuer au fur et à mesure de la progression définit un mode dit « guidé » du logiciel. Ce mode dit « guidé » présente un avantage pour une utilisation du logiciel en *e-learning* ou pour des personnes totalement novices dans le domaine, qui une fois immergées dans l'environnement trouveront un guide dans les actions à réaliser.

Dans les premiers essais, les tâches à effectuer apparaissaient les unes à la suite des autres en bas de l'écran de jeu. Plusieurs remarques ont été rapportées par l'équipe en charge des tests notamment :

- une surcharge visuelle de l'écran de jeu,
- un manque de fluidité dans les interactions et la progression, puisque l'apprenant devait suivre l'ordre des actions dictées par le logiciel au fur et à mesure de leurs apparitions sans possibilité d'anticipation sur les actions suivantes,

- un manque de permissivité de ce mode « guidé » : en cas d'anticipation d'une action par l'apprenant qui ne correspondait à celle demandée par le logiciel, ceci induisait un blocage de l'ensemble des interactions et un arrêt forcé de la séance de simulation.

Sur l'ensemble de ces points des améliorations ont donc été proposées par l'équipe projet et des modifications ont été apportées par l'équipe réalisatrice.

L'ensemble des tâches a été listé dans un onglet spécifique, comme présenté dans la Figure 30, permettant à l'apprenant d'avoir une vision plus globale de l'enchaînement des tâches à exécuter, sans surcharger visuellement l'écran de jeu.



Figure 30: Exemple de liste de tâches à effectuer en mode « guidé »

Concernant le manque de permissivité observé dans le mode « guidé », à l'origine d'un manque de fluidité dans le jeu, il a été décidé par l'équipe projet de regrouper les listes de tâches à effectuer en *checkpoint*. Chaque *checkpoint* comprend plusieurs tâches à effectuer que l'apprenant peut réaliser dans l'ordre chronologique souhaité tant que les grands principes de manipulation sont respectés. Le *checkpoint* est alors validé quand toutes les tâches le constituant sont effectuées, permettant alors la progression de l'apprenant dans le jeu.

Pour exemple, lors des scénarios de préparation, la liste des tâches demandait systématiquement à l'apprenant d'ouvrir la seringue, puis l'aiguille et de les connecter avant d'ouvrir la poche de solvant. Dans la première version, si l'apprenant ne respectait pas précisément l'ordre dicté par le logiciel, l'ensemble des interactions avec l'interface se bloquait et conduisait à un arrêt forcé de la séance. Pourtant, dans cet exemple, il n'y aurait pas d'erreur de la part de l'apprenant d'ouvrir le matériel dans un ordre chronologique différent. Toutes ces actions ont donc été regroupées en une liste composant un *checkpoint*, qui laisse la possibilité à l'apprenant de préparer son matériel dans l'ordre qui le souhaite sans engendrer de blocage dans la séance, et facilitant ainsi la progression de l'apprenant.

Un mode « libre » a également été rajouté suite aux premiers tests. Dans ce mode, l'apprenant évolue librement dans l'environnement simulé, aucune action ne lui est dictée, il réalise les actions comme il les réaliserait dans sa pratique professionnelle. La progression se fait librement et l'apprenant obtient un retour sur ces actions et ses dérives de pratique, lors de la lecture du rapport d'évaluation généré par le logiciel.

Outre le guidage dans les actions à réaliser, la progression de l'apprenant dans l'environnement simulé répond au principe de la marche en avant. L'apprenant passe de salles en salles de manière séquentielle, avec dans chacune d'elles des actions spécifiques à réaliser. Les premiers tests ont montré une difficulté de repérage dans l'espace de l'apprenant, induisant une incompréhension dans la chronologie des différentes actions à réaliser. Dans le but d'améliorer l'orientation de l'apprenant dans l'environnement simulé, un plan de la zone avec une cible jaune, représentant l'apprenant, a été ajouté sur l'écran de jeu. L'apprenant peut ainsi plus facilement comprendre et adapter ses actions et son comportement à sa progression dans les locaux.

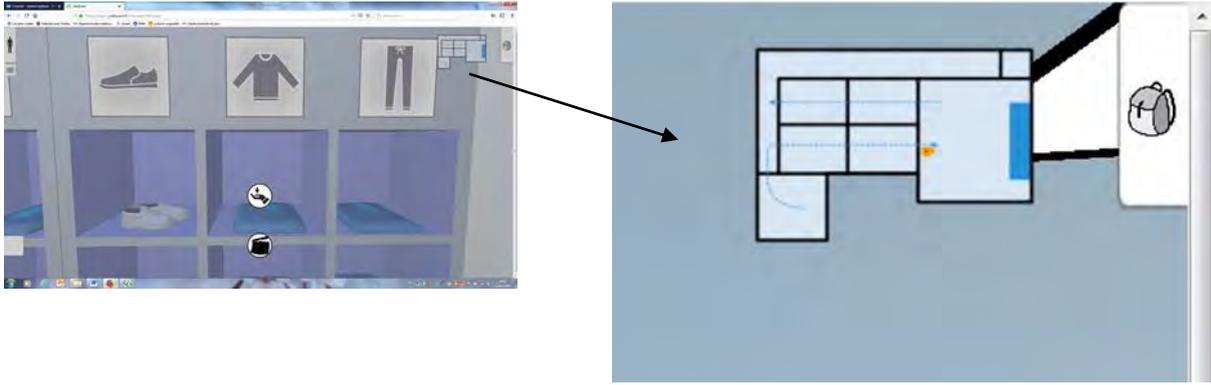


Figure 31: Plan de situation de l'apprenant dans l'environnement simulé

➤ Gestion des erreurs

Dans le cadre de ce logiciel, l'apprenant est alerté par des *POP-UP* à chaque erreur réalisée en cours de simulation (Figure 32) et par un rapport d'évaluation de séance généré en fin de session par le logiciel.

Les critères évalués lors des tests en cours de développement étaient à la fois la capacité du logiciel à alerter l'apprenant et la cohérence des messages d'alerte, en réalisant volontairement des erreurs au cours du jeu.



Figure 32: Exemple de "POP-UP" d'alerte : oubli de retrait de la montre avant l'habillage spécifique

Sur ce point, aucune amélioration n'a été nécessaire sur les erreurs anticipées, le prototype alertait l'apprenant de manière cohérente et le contenu des *POP-UP* était conforme.

Cependant, les tests ont permis de mettre en évidence des erreurs non anticipées mais possibles par erreur de manipulation du logiciel. La Figure 33 est un exemple d'erreur non anticipée dont l'action n'avait pas été bloquée dans la programmation, alors qu'il est strictement interdit d'enlever sa tenue professionnelle dans la zone de production.

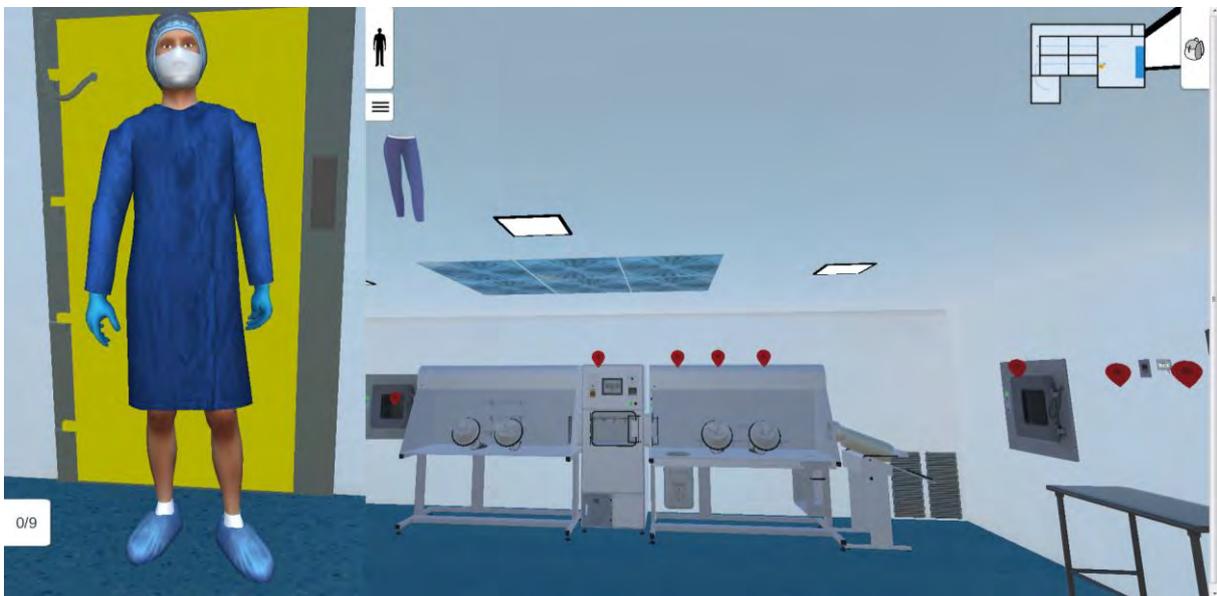


Figure 33: Exemple d'erreur non anticipée

Ces tests sur la gestion des erreurs ont permis de vérifier les limites du logiciel sur ces erreurs « forcées » de manipulation, non anticipées, dont le blocage dans la programmation devait pourtant être obligatoire. Les mesures correctives ont ainsi pu être mises en place, par l'équipe de *designers*, dans la programmation même du logiciel.

➤ Interactions homme/machine et objet/objet

Pour valider les interactions homme/machine et objet/objet, les tests portaient principalement sur les actions que pouvaient réaliser l'apprenant à travers son avatar et la capacité du logiciel à y répondre. Par exemple, lorsque dans la procédure,

l'apprenant souhaitait connecter une aiguille sur une seringue, en cliquant sur les logos correspondants, le logiciel devait être capable de réaliser visuellement cette action et permettre à l'apprenant de passer à l'étape suivante.

Les premiers tests ont montré de nombreuses difficultés dans ces interactions, avec pour exemple des problèmes d'objets sur lesquels il était impossible d'interagir et dont la manifestation visuelle était une coloration fluorescente (Figure 34). Ceci induisait un blocage de l'ensemble des interactions et de la progression de l'apprenant, à l'origine d'un arrêt forcé de la séance. Des problèmes dans la prise des éléments simulés qu'il était ensuite impossible de lâcher ont également été constatés.



Figure 34: Exemple d'un problème rencontré dans les procédures lors des phases de test

L'ensemble de ses problèmes ont été rectifiés au fur et à mesure des versions par l'équipe conceptrice, permettant d'améliorer la fluidité dans les actions réalisées et la cohérence dans les interactions programmées.

5. Evaluation de l'adaptabilité du logiciel et des scénarios simulés

Bien que répondant toutes aux mêmes référentiels nationaux tels que les BPP, chaque unité de production stérile adapte ses pratiques sur sites en fonction de ses locaux ou de ses équipements.

De même chaque responsable de service place les exigences en termes de connaissances et de formation du personnel à un niveau qui lui est propre.

Pour permettre une utilisation du logiciel par le plus grand nombre, l'adaptabilité a été un facteur clef pour améliorer les perspectives d'appropriation du logiciel par les futurs formateurs.

La première version ne contenait que des scénarios préenregistrés, dont le contenu était figé, ce qui pouvait être un frein pour la future utilisation pratique du logiciel.

Pour pouvoir personnaliser le contenu du logiciel, le profil « formateur » dans le logiciel devait permettre de modifier l'ensemble des scénarios préprogrammés, tant sur les contenus pédagogiques (POI), que sur le mode d'utilisation (« libre » ou « guidé ») ou encore, sur le choix et les difficultés des QCM proposés en fin de session. Un onglet spécifique permettant l'édition des scénarios a donc été rajouté sur le profil « formateur » du logiciel.

Ainsi, lorsque le formateur décide d'organiser une session de formation, il choisit le scénario qu'il souhaite faire exécuter. Puis il peut soit choisir d'utiliser le scénario préprogrammé comprenant un mode et des POI préprogrammés, soit décider d'éditer son propre scénario, ce lui ouvre un écran de paramétrage du scénario, comme présenté dans la Figure 35. Ceui-ci lui permet de choisir soit le mode « guidé » soit le mode « libre », les POI qu'il souhaite intégrer, ainsi que le nombre, le contenu et la difficulté des QCM de fin de session.

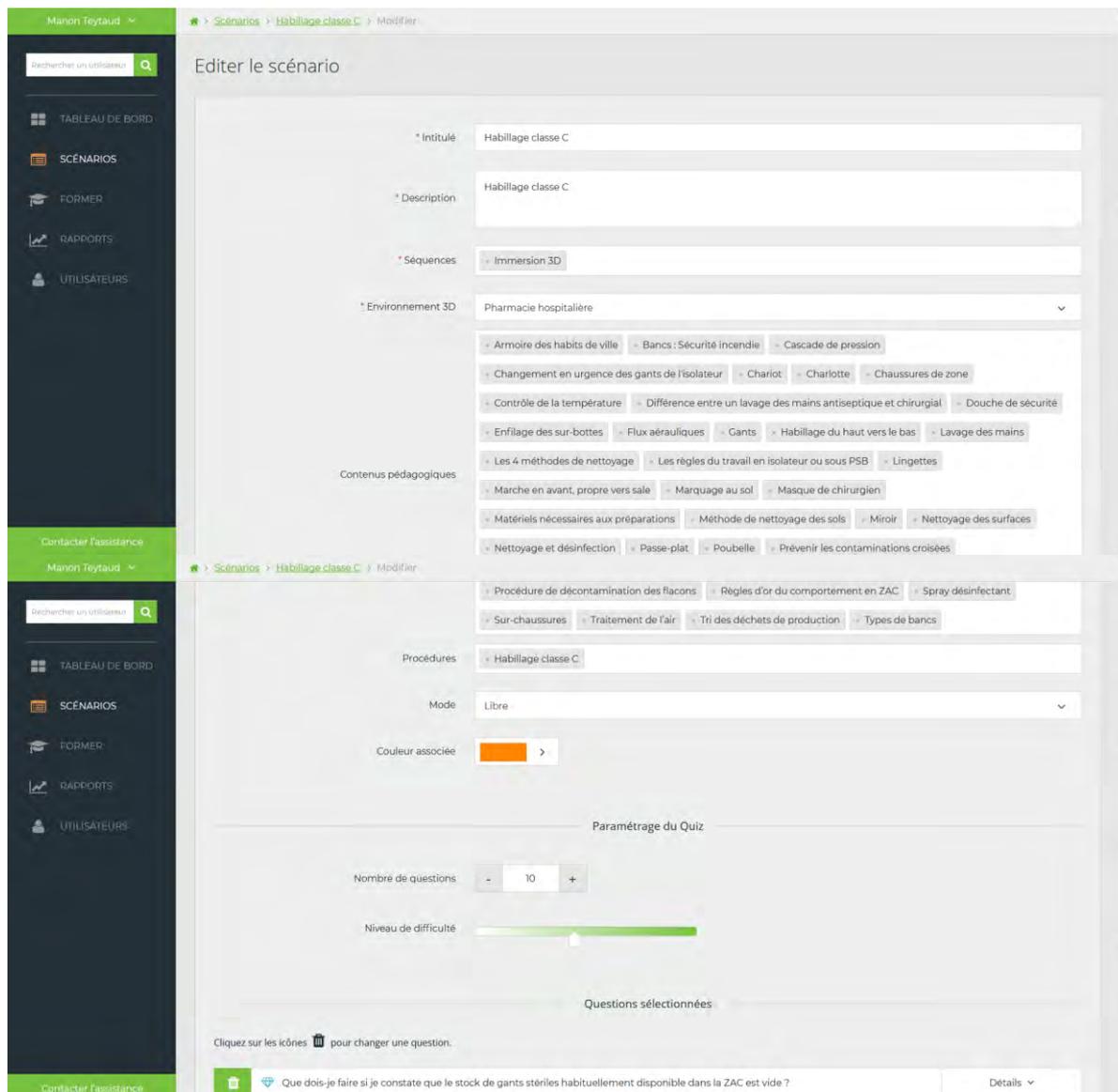


Figure 35: Ecran de paramétrage des scénarios

Par cette fonction d'édition des scénarios, le formateur aura donc la possibilité d'adapter le contenu de la séance de simulation à son public d'apprenant, pour favoriser leur motivation et leur adhésion.

Les nombreux tests réalisés sur le prototype du logiciel, ont permis d'obtenir un SG plus performant, plus adapté, plus ergonomique et plus adaptable. Bien qu'essentiel, ces tests en cours de développement ne sont pas destinés à évaluer la

satisfaction du public cible et l'efficacité de l'outil. Ces deux paramètres devront être évalués par des tests en conditions réelles, avec l'utilisation du logiciel par les futurs utilisateurs, qu'ils soient futurs formateurs ou futurs apprenants.

C. L'évaluation de l'efficacité du *Serious Game* : les tests en conditions réelles

1. Les tests d'efficacité du LISEC

Etablie dans le cahier des charges, une phase d'évaluation de l'efficacité du SG devait être réalisée par l'ingénieur pédagogique rattachée au projet et le LISEC (Laboratoire Interuniversitaire des Sciences de l'Education et de la Communication). Ces tests sont actuellement en cours.

2. Evaluation du *Serious Game* en interne : modèle de Kirkpatrick

a. Modèle théorique de Kirkpatrick

En complément du test d'efficacité réalisé par le LISEC, il paraissait intéressant de mettre en place une évaluation du logiciel par les pharmaciens associés au projet.

Un protocole a donc été construit et développé par l'interne, selon un modèle d'évaluation des formations appelé modèle de Kirkpatrick (Figure 36).

D'après ce modèle, l'évaluation doit se situer à plusieurs niveaux :

- satisfaction/réaction du public cible,
- apprentissage : savoirs cognitifs, savoir-être et savoir-faire acquis lors de la formation,
- comportement/transfert : capacité de transfert des connaissances acquises lors de la simulation à la pratique réelle,
- résultats : impact de la session sur les pratiques de production.

La Figure 36 résume de manière schématique les principaux critères évalués par le modèle de Kirkpatrick et les outils proposés et développés par l'interne pour évaluer chacun de ces critères.

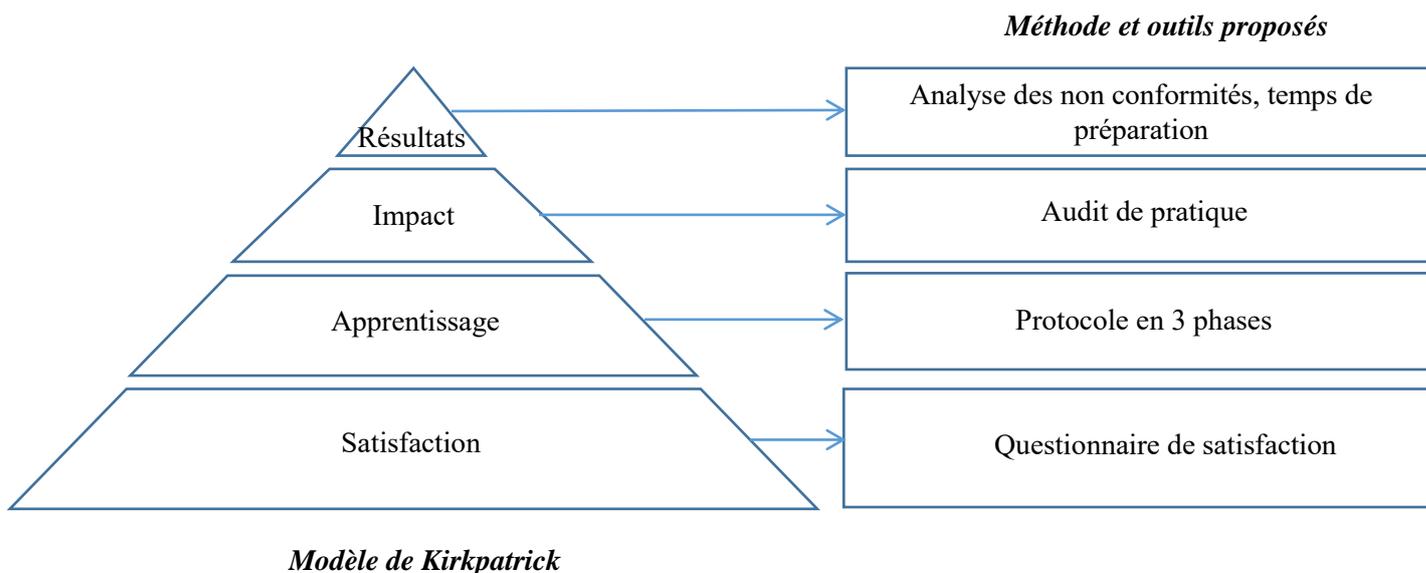


Figure 36: Modèle de Kirkpatrick

Les difficultés organisationnelles n'ont pas encore permis de mettre en place cette évaluation interne et d'obtenir des résultats sur l'efficacité du SG. Celle-ci devrait débuter prochainement sur le CHU de Bordeaux.

La suite du développement de ce travail permet d'exposer la méthode qui sera mise en place et les différents outils développés.

b. Création des outils d'évaluation

➤ Évaluation de la satisfaction client

L'évaluation de la satisfaction du public cible reposera sur un questionnaire de satisfaction (Annexe 5) axé sur 3 aspects jugés essentiels : la jouabilité, l'apprentissage et la réalité. La jouabilité évaluera l'aspect ludique et attractif de l'outil, avec pour corollaire l'ergonomie du logiciel. L'apprentissage permettra d'évaluer la pertinence des scénarios modélisés et des POI. Enfin la réalité est un item qui permettra d'évaluer le ressenti des professionnels sur la notion de contexte authentique et le transfert des compétences à leur pratique professionnelle.

Pour pouvoir interpréter les résultats, il sera essentiel de connaître l'expérience professionnelle de l'apprenant, son âge et son rapport au jeu vidéo (joueur régulier, occasionnel, exceptionnel). En effet, un joueur régulier semblera

probablement plus à l'aise dans la prise en main du SG qu'un joueur occasionnel ou exceptionnel.

➤ Évaluation des compétences acquises

A l'instar de M. Denami pour l'évaluation de Labquest® [54], un protocole en 3 phases (pré-test, formation et post-test) semblait le plus adapté pour évaluer les compétences acquises lors de la séance de simulation.

La première phase consistera en la réalisation d'une procédure définie par la totalité des apprenants, par exemple : réaliser la préparation d'une poche d'AC à partir d'un produit en ampoule. Après cette phase de pré-test, les apprenants devront être divisés en 2 groupes, l'un suivra la formation par la méthode pédagogique expositive (supports informatiques, lecture de procédures...) et l'autre par la méthode pédagogique active à travers le SG. Enfin, la phase de post-test correspondra à la réalisation de la même procédure que dans la phase de pré-test.

Pour les phases de pré-test et de post-test, l'évaluation des apprenants se fera à partir de grilles observationnelles, résumant l'ensemble des actions devant être réalisées et leur chronologie de réalisation pour être conforme aux BPP. Ceci permettra d'évaluer les compétences acquises pour le « savoir-être » et le « savoir-faire » en ZAC.

L'utilisation de QCM réalisés avant et après la formation permettra l'évaluation des savoirs cognitifs acquis.

➤ Évaluation de la capacité de transfert des compétences acquises

Un des critères étudié pour affirmer l'efficacité de l'utilisation d'un SG pour la formation professionnelle est la capacité de transfert des compétences acquises lors de la séance de simulation à la pratique professionnelle quotidienne.

Pour évaluer ce critère, l'audit à partir de grilles observationnelles au cours d'une journée en UPS semblait le plus adapté. Pour exemple, dans le SG l'apprenant est amené à réaliser une préparation en poche à partir d'une ampoule de PA. Dans ce scénario l'apprenant réalise à travers son avatar de nombreuses actions telles que la casse de l'ampoule, l'injection après filtration dans une poche de solvant du

PA ou encore l'homogénéisation de la préparation finie par refoulement ou par retournement. Au moment de la casse de l'ampoule, un *POP-UP* apparaît précisant l'intérêt d'utiliser une compresse. Lors de l'évaluation de la capacité de transfert des compétences acquises à la pratique professionnelle ces différentes étapes devront constituer des items de la grille observationnelle.

L'Annexe 6 est un exemple des grilles observationnelles développées pour l'étude de la capacité de transfert des compétences acquises. Celle-ci pourra être réalisée peu de temps après la séance de simulation ou à distance pour s'assurer de la pérennité des compétences acquises.

➤ Évaluation des résultats sur le terrain

Cette évaluation est la plus difficile à mettre en place. Elle dépend des attentes de chacun sur les bénéfices attendus de la séance de simulation. Plusieurs indicateurs peuvent être utilisés, notamment le nombre de non-conformités observées dans l'UPS avant et après la formation du personnel. Plusieurs limites existent à l'utilisation de ce critère, notamment la difficulté d'imputer la totalité des non-conformités observées au seul manque de formation et la nécessité d'avoir un recueil précis et exhaustif des non-conformités avant la formation pour la comparaison.

Un autre critère peut être proposé, l'évaluation de l'efficacité du personnel, c'est-à-dire la rapidité d'exécution des différentes tâches avant et après formation, avec une limite existante sur les automatismes. En effet une personne travaillant par automatisme sera probablement plus rapide qu'une personne travaillant par action pensée et réfléchie. Cette notion de rapidité d'exécution sera donc à confronter avec des tests de compréhension des actions réalisées.

II. Quelles perspectives d'utilisation pour l'outil conçu?

Outre le travail de développement de l'outil, de nombreuses questions se posent maintenant sur son utilisation d'un point de vue organisationnel (« Quand et comment l'intégrer dans un parcours de formation ? »), sur la nature et le rôle du formateur et enfin, sur les évolutions possibles de ce logiciel.

A. En pratique, comment positionner le jeu dans le parcours de formation ?

Du fait de la criticité de la préparation aseptique, de la difficulté de mettre en place de la simulation *In-Situ*, ce *Serious Game* semble représenter une solution adaptée pour répondre aux besoins de formation. De nombreuses questions se posent cependant sur son positionnement dans le parcours de formation des professionnels:

- Ce logiciel peut-il être utilisé seul, ou doit-il s'inscrire dans un parcours de formation structuré avec d'autres outils ?
- Ce logiciel peut-il être utilisé en autonomie pour s'affranchir des contraintes en termes de ressources humaines ?

1. Intégration du SG dans le parcours de formation interne

Dans cette première version, les actions simulées résument une journée en UPS pour le personnel réalisant la manipulation aseptique. D'un point de vue pédagogique, le logiciel permet d'acquérir les compétences procédurales nécessaires pour travailler en UPS, sur le plan du « savoir être » (habillage, déshabillage, hygiène des mains...), du « savoir-faire » (matériel et technique utilisé pour la préparation aseptique, changements de gants en stériles, conduite à tenir en cas de bris de flacon) et des savoirs cognitifs (spécificités techniques de ZAC, tri des déchets...) à travers un processus de ludification des apprentissages, plus attrayant que la lecture des documents qualité se rattachant à ces sujets. Bien qu'essentielles au travail en UPS, ces seules compétences ne pourront suffire à l'habilitation du personnel. Il sera essentiel de pouvoir juger de l'aptitude de l'apprenant à travailler

de manière aseptique et sans risque pour l'environnement. Ces deux compétences ne pourront être évaluées et validées que par la simulation *In-Situ*, avec la réalisation de TRA ou de test à la fluorescéine.

Dans le cas très spécifique de la manipulation aseptique, l'utilisation du *Serious Game* présente une utilité dans la connaissance du matériel employé et les grands principes de manipulation (connexion des matériels entre eux, homogénéisation, spécificités techniques). L'utilisation d'une interface numérique présente cependant une limite pour la formation aux spécificités techniques de la manipulation sur les aspects manuels et sensoriels (placements des doigts sur le piston de la seringue, pression dans les flacons de PA ...), qui ne pourront se soustraire à la pratique de la simulation *In-Situ*.

L'utilisation de la simulation permet de multiplier les scénarios simulés et de couvrir ainsi une large gamme de compétences à acquérir. Dans le cadre de ce SG, les savoirs procéduraux et la culture de sécurité semblent les principaux axes de formation, avec une optimisation du temps nécessaire de formation sur ces domaines. Dans le cas des gestes professionnelles et des compétences techniques, la simulation à travers une interface numérique semble plus difficile. Cela rentre dans le domaine de la simulation procédurale.

De par ses limites en termes de compétences techniques qui nécessitent une manipulation physique des objets, le SG à travers une interface numérique semble ne pas pouvoir se substituer à l'ensemble des méthodes pédagogiques actuellement utilisées, notamment à la simulation *In-situ*. Il s'inscrira donc dans un parcours de formation structuré plutôt en amont d'une entrée en ZAC pour le personnel novice ou pour une utilisation ponctuelle dans le cadre de l'amélioration continue de la qualité, pour corriger d'éventuelles dérives de pratique.

2. Intégration dans le parcours de formation initial

Selon l'étude de *Anne Colombe and al* [40], 100% des pharmaciens questionnés jugent insuffisante la formation initiale des PPH et 94% d'entre eux mettent en place une formation spécifique en interne dont la durée va de une semaine à trois mois avec une médiane de 4 semaines. Ce temps de formation des

nouveaux PPH à l'arrivée dans l'unité semble très long compte tenu du fait qu'ils disposent d'un diplôme spécialisé en pharmacie hospitalière.

Dans l'année de spécialisation hospitalière, la formation sur le domaine de la préparation représente 16% du temps total avec un temps de formation pratique sur les AC de 5%. Ceci paraît largement insuffisant au vu du nombre de compétences à acquérir.

Proposer un outil tel que ce SG en formation initiale permettrait d'apporter à l'ensemble des PPH en formation des notions générales sur les ZAC notamment sur les savoirs procéduraux. Ceci permettrait donc probablement d'optimiser le temps de formation interne sur les spécificités techniques, l'aspect manuel de la préparation en raccourcissant le temps global de formation interne.

Le positionnement de ce SG dans la formation initiale des PPH paraît donc pertinent.

3. Pour une formation en e-learning ou en présentiel ?

Du fait de ces nombreux guidages et de la génération automatique d'un rapport d'évaluation sur les actions et les erreurs réalisées lors de la séance, le logiciel peut être utilisé de manière autonome.

En *e-learning*, l'apprenant est pleinement acteur de sa formation, il peut décider de réaliser les différents scénarios dans l'ordre qui le souhaite et aux moments qui le souhaitent. La génération du rapport de formation, faisant apparaître les POI consultées, les actions et les erreurs réalisées permettent au responsable de la formation d'avoir un regard sur les points critiques et la progression des apprenants. C'est à partir de ces rapports que le formateur ou le responsable de la formation pourra orienter le débriefing de fin de formation avec l'apprenant.

Le logiciel peut également être utilisé lors de formations en présentiel, seul ou en groupe, avec un ou plusieurs ordinateurs. Dans ce cas, les contraintes en termes de ressources humaines et de matériel sont plus importantes, mais la dynamique de groupe peut être favorable à la réflexion et à l'acquisition de nouvelles connaissances

Comme énoncé dans la première partie, que la séance de simulation soit réalisée en *e-learning* ou en présentiel, il est essentiel qu'elle soit organisée en trois temps : une mise en contexte rappelant les objectifs de la formation, la séance de simulation et le débriefing permettant de faire une synthèse sur les difficultés rencontrées et le ressenti de l'apprenant, dans lequel le formateur a un rôle essentiel. Ceci amène à réfléchir sur la définition du formateur.

B. Comment définir le formateur ?

Outre la nécessité d'un logiciel adapté et performant, pour être pleinement efficace, une séance de simulation doit être structurée et animée par une personne compétente, le formateur [10] . Chaque site ayant sa propre organisation, le groupe de travail n'a pas défini de profil type de formateur. Certaines questions peuvent cependant aider et guider les futurs utilisateurs dans le choix de leur formateur :

- « Le formateur doit-il être un pharmacien ? un PPH ? un binôme pharmacien/PPH ? »
- « Peut devenir formateur toute personne ayant validée la totalité des scénarios simulés ? »
- « Le formateur doit-il avoir suivi un parcours de formation spécifique en pharmacotechnie ou en andragogie ? »
- « Le formateur doit-il être réévalué régulièrement ? »
- « Le formateur doit-il avoir une expérience en UPS minimum ? ».

Toutes ces questions devront être discutées et adaptées sur chaque centre pour garantir une utilisation adaptée et une efficacité maximale du *Serious Game* dans le parcours de formation.

C. Quelles évolutions du logiciel pourraient être envisagées ?

Un des avantages largement mis en avant dans la simulation virtuelle est sa capacité d'évolution. Ces évolutions peuvent concerner les scénarios modélisés, les compétences ciblées et l'environnement simulé.

1. Vers une amélioration du contexte authentique

L'environnement simulé dans le logiciel est entièrement virtuelle. Bien que globalement fidèle à la réalité, la représentation et l'interprétation de l'apprenant peut être différente une fois immerger dans la pratique réelle. Pour pallier à cela, l'immersion dans un environnement photo-réaliste pourrait être une évolution envisagée de ce *Serious Game*.



Figure 37: Exemple d'un environnement photoréaliste (Whitequest®)

2. Vers de nouveaux scénarios et de nouvelles compétences

Dans cette première version, les compétences ciblées concernent principalement les gestes professionnels réalisées par le personnel lors de la préparation aseptique.

Dans la pratique réelle, le personnel réalise les préparations à partir d'une fiche de fabrication, reprenant les spécificités de la préparation : volume à prélever, solvant de reconstitution, solvant de dilution, contenant final (poche de solvant, seringue, diffuseur...). Bien que cette étape de lecture des fiches de fabrication soit essentielle, elle n'apparaît pas dans cette version du logiciel. Une des évolutions du logiciel, pourrait donc être d'intégrer des fiches de fabrication à la place de la liste de tâches à réaliser, à partir desquelles l'apprenant devraient réaliser librement la préparation. Il serait même envisageable d'intégrer des fiches de fabrication erronées, selon le même principe que l'étude SIMMEON, et de laisser libre choix à l'apprenant de réaliser la préparation ou non.

D'un point de vue plus global, l'activité des UPS ne se résume pas à la préparation aseptique. La préparation aseptique est une des étapes d'un parcours allant de la prescription du PA par le médecin à sa livraison dans le service de soins par l'équipe logistique, en passant par une étape de validation pharmaceutique et de contrôle libérateur de la préparation finie. De même la gestion des stocks et l'approvisionnement des zones de production en matériel et PA, ne sont pas des actions simulées dans le logiciel, bien que quotidiennement réalisées par les professionnels des UPS.

En tenant compte de l'ensemble de ces étapes, il pourrait être envisagé d'élargir le nombre de scénarios et d'intégrer l'ensemble de ces étapes au logiciel sous forme de nouveaux modules, un module validation pharmaceutique, un module contrôle libérateur avec la simulation de contrôle gravimétrique en cours de production ou de contrôle analytique, ou encore un module gestios de stock et approvisionnement.

De même, le choix a été fait de simuler un environnement contenant un isolateur, mais il pourrait être envisagé de simuler un environnement contenant un hotte à flux d'air laminaire vertical ou tout autre équipement utilisé pour la préparation aseptique en milieu hospitalier.

Les possibilités d'évolutions du logiciel sont donc nombreuses et permettraient d'envisager un élargissement des compétences ciblées et du public cible.

Le travail réalisé par l'équipe projet a permis d'obtenir un outil de formation, sous forme d'un SG, axé sur l'acquisition des savoir-faire procéduraux et la culture du risque nécessaires à la pratique professionnelle en UPS. Les tests d'efficacité devront permettre de confirmer son intérêt à la fois sur un public novice et sur un public de professionnel confirmé.

A l'heure actuelle, il existe encore de nombreuses questions sur les perspectives d'utilisation, d'évolution ainsi que le positionnement de ce logiciel dans le parcours de formation. Au vue de la littérature sur les bénéfices de la simulation virtuelle, le gain de temps sur la formation interne est indiscutable.

Conclusion

Confronté à la formation d'adultes et à des contraintes temporelles et organisationnelles importantes, l'apprentissage par simulation virtuelle est apparue comme une solution innovante qui pourrait être adaptée à la formation du personnel des UPS.

Le développement d'un *Serious Game* nécessite la synergie de plusieurs compétences : en pédagogie et en andragogie, en informatique ainsi que dans le domaine ciblé par le SG. Le travail mené pour sa conception est donc complexe car la pluridisciplinarité peut conduire à des incompréhensions (utilisation de termes techniques et perception différentes) et avoir un impact sur la modélisation et le développement du jeu. Cependant ce travail demeure hautement collaboratif et donc particulièrement riche.

Si les possibilités en simulation virtuelle sont importantes, il est cependant essentiel de tenir compte des limites techniques de l'outil informatique. Ceci implique qu'à chaque étape il est essentiel de confronter les besoins en termes de compétences à acquérir et les possibilités en termes de modélisation informatique.

Ce travail a permis la conception d'un prototype sur lequel ont été testés différents critères qualité de l'ingénierie pédagogique (contexte authentique, ergonomie...).

La phase suivante de la vie de ce SG consiste en la conduite de tests d'efficacité qui sont actuellement en cours. Ces tests devront permettre de valider l'hypothèse de l'efficacité d'un *Serious Game* pour la formation du personnel réalisant la manipulation aseptique en milieu hospitalier. Ils pourront également permettre des ajustements et des améliorations du logiciel.

De nouvelles pistes d'évolution sont d'ores et déjà envisagées, à l'ère de la réalité virtuelle, une adaptation de ce logiciel pour une simulation en réalité virtuelle est évoquée.

Enfin, le terme de développement approchant, deux questions se posent :

- Quel formateur pour accompagner au mieux cet outil ?
- Quel positionnement de cet outil dans le parcours de formation ?

Une utilisation sur le terrain du prototype permettra sans doute de répondre à ces deux interrogations.

Annexes

Annexe 1: Thèmes des QUIZ GERPAC en accès libre

Les QUIZ GERPAC en accès libre



Thèmes	Profil	Edition		
		2016	2017	2018
Suivi des installations				
Validation et qualification des matériels et des installations	PH-PP			
Maintenance préventive et curative	PH-PP			
Sécurité de la préparation				
Molécules N°1 PH	PH-PP			
Molécules N°2 PH	PH-PP			
Molécules N°3 PH	PH-PP			
Molécules N°1 PH-PP	PH-PP			
Molécules N°2 PH-PP	PH-PP			
Exercices de calcul de doses	PH-PP			
Relation DCI-Spécialités N°1	PH-PP			
Relation DCI-Spécialités N°2	PH-PP			
Modalités de préparation N°1	PH-PP			
Modalités de préparation N°2	PH-PP			
Stabilités physico chimiques N°1	PH-PP			
Stabilités physico chimiques N°2	PH-PP			
Spécificités de la voie intrathécale	PH-PP			
Spécificités de la pédiatrie	PH-PP			
Anticorps monoclonaux	PH-PP			
Molécules PH	PH-PP			
PDA N°1	PH-PP			
PDA N°2	PH-PP			
Matériels et techniques				
Techniques de préparation N°1	PH-PP			
Techniques de préparation N°2	PH-PP			
Techniques analytiques appliquées au contrôle des chimiothérapies	PH-PP			
Matières premières, excipients à usage pharmaceutique	PH-PP			
Dispositifs médicaux pour la manipulation des médicaments à risque	PH-PP			
Qualité - Risques - Réglementation				
Gestion des déchets	PH-PP			
Préparation de médicaments dangereux pour le manipulateur	PH-PP			
Extravasation	PH-PP			
Réglementation et Bonnes Pratiques de Préparation	PH-PP			
Qualification ISO 9001	PH-PP			
Hygiène et entretien des locaux	PH-PP			
Gestion des incidents dans l'unité de préparation des cytotoxiques	PH-PP			
Contrôles des préparations et des équipements	PH-PP			

Préparation en poche à partir d'un PA en ampoule

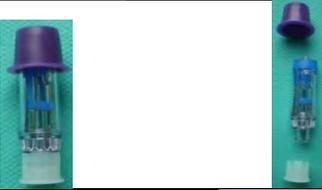
- Connecter une aiguille sur la seringue
- Casser l'ampoule dans une compresse
- Prélever le volume de PA nécessaire
- Déconnecter et jeter l'aiguille de la seringue
- Connecter le filtre toupie sur la seringue
- Connecter une nouvelle aiguille sur le filtre toupie
- Injecter le PA dans la poche de solvant
- Homogénéiser par aspiration /refoulement
- Déconnecter la seringue de la poche de solvant
 - Jeter l'aiguille dans la poubelle OCPT et la seringue avec le filtre dans le DASRI
- Homogénéiser la préparation par retournement
- Prendre une nouvelle seringue
- Connecter une nouvelle aiguille sur la nouvelle seringue
- Prélever un échantillon dans la préparation
- Injecter l'échantillon dans un vial de prélèvement
 - Jeter l'aiguille dans la poubelle OCPT et la seringue dans le DASRI
- Sortir le vial de prélèvement et la préparation finie par le système de Tubing

Annexe 3: Détails des compétences cibles, exemple d'erreurs possibles et feedback à intégrer dans la programmation du logiciel

Modules de compétences	Compétences à acquérir	Exemples d'erreurs possibles	Exemples de Feedback
Environnement, Equipement, Hygiène	<p>Déshabillage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Oter la totalité des vêtements - Enlever tous les bijoux - Stockage des vêtements des vêtements de ville 	<ul style="list-style-type: none"> - Ne pas enlever la totalité de ses vêtements de villes - Garder un bijou - Mettre en contact les vêtements de ville et tenues propres 	<ul style="list-style-type: none"> - Avez-vous tout enlever ? - Point sur les risques de contamination microbiologique et particulaire
	<p>Habillage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître les éléments des tenues spécifiques en fonction des classes des salles et postes de travail - Ordre d'habillage 	<ul style="list-style-type: none"> - Oubli d'un élément de la tenue - Enfiler le masque avant la tenue de bloc, le pantalon avant d'avoir ôter son haut de ville.... 	<ul style="list-style-type: none"> - Avez-vous tous les éléments de la tenue nécessaire pour rentrer en zone de production stérile ? - Point sur les risques de contamination microbiologique et particulaire
	<p>Lavages des mains :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simple - Chirurgical - Friction hydro alcoolique 	<ul style="list-style-type: none"> - Oubli de se laver les mains - Lavage de mains mal placé dans la chronologie des actions - Friction hydro alcoolique à la sortie de la zone de production sans lavage simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Point sur les risques de contamination microbiologique et particulaire - principalement pour l'entrée en ZAC - Point sur le risque de contamination chimique pour la sortie de la ZAC
	<p>Procédures de nettoyage salles et postes de travail</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de produit non adapté - Non respect du sens de nettoyage du moins sale vers le plus sale - Oubli de nettoyage du poste de travail ou de changement des champs stériles entre les préparations - Oubli de nettoyage de certaines zones - Savoir changer des manchettes et gants en néoprène 	<ul style="list-style-type: none"> - Point sur les caractéristiques des produits de nettoyage et utilisation - Rappel des procédures de nettoyage spécifique
	<p>Procédure spécifique de décontamination du matériel entrant dans la salle et dans l'isolateur</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de désinfection du septum à l'alcool avant prélèvement si Flip-off enlevés dans l'isolateur - Circuit d'entrée et pré désinfection des produits dans la ZAC 	<ul style="list-style-type: none"> - Rappel des risques de contamination chimique, microbiologique et particulaire
	<p>Procédure de prélèvements environnementaux</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Retrait du triple emballage des géloses avant la stérilisation de surface 	<ul style="list-style-type: none"> - Rappel sur intérêt et méthode des prélèvements environnementaux
Asepsie et	<p>Réalisation de préparations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dans poche de solvant 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'homogénéisation de la préparation finie ou du produit 	<ul style="list-style-type: none"> - Rappel sur intérêt de l'homogénéisation et de la reconstitution

production de préparations stériles	<ul style="list-style-type: none"> - Dans poche vides - En seringue - En dispositifs portables <p style="text-align: center;">A partir de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produits en poudre - Produits prêt à l'emploi (flacon ou ampoule) 	<ul style="list-style-type: none"> - reconstitué - Oubli de prélèvement - Emballage de la préparation non adapté aux caractéristiques du produit - Utilisation d'un produit/solvant différents de ceux indiqués sur la fiche de fabrication - Pas de changement d'aiguille ou de spike entre différents flacons / produits - Oubli de compresse pour la casse des ampoules 	<ul style="list-style-type: none"> - Rappel techniques d'homogénéisation - Rappel des différentes techniques et intérêt des méthodes de contrôle - Rappel des spécificités de certains produits et nécessité de tenir compte des informations du protocole - Rappel sur les risques de contaminations chimiques
	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation du matériel nécessaire et adapté à la préparation à réaliser - Savoir lire une fiche de fabrication et les modes opératoires 	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel inadapté : mauvais volumes de seringue, mauvais solvant, mauvais produit... 	<ul style="list-style-type: none"> - Rappel sur les informations essentielles d'une fiche de fabrication - Rappel choix du matériel et volumes adéquat
Qualité et gestion des risques	Conduite à tenir en cas de rupture de stérilisation	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de nettoyage complet de l'isolateur - Oubli de jeter les objets non re-stérilisables stockés dans l'isolateur - Procédure de nettoyage non respectée 	<ul style="list-style-type: none"> - Rappel sur les procédures de nettoyage - Rappel sur les procédures de tri et de stérilisation des objets
	Conduite à tenir en cas de piqûres/déchirures des gants ou manchettes	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'arrêt de la production 	<ul style="list-style-type: none"> - Schémas d'aide pour le changement de gants en stérile - Rappel procédure de nettoyage de l'isolateur - Rappel des règles de déclaration
	Conduite à tenir en cas de bris de flacons dans la salle ou dans le poste de travail	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise utilisation des éléments du kit de décontamination - Précautions personnels non respectées - Pas d'arrêt de la production 	<ul style="list-style-type: none"> - Support vidéos de gestion de l'incident et de nettoyage - Rappel des risques de contamination chimique
	Conduite à tenir en cas de prélèvements microbiologiques positifs	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'arrêt de production - Nettoyage inadapté 	<ul style="list-style-type: none"> - Rappel sur l'intérêt et la réalisation des auto-contrôles environnementaux - Rappel des procédures de nettoyage exceptionnel
	Savoir changer les gants néoprène en stérile	<ul style="list-style-type: none"> - Rupture de la stérilité de l'enceinte 	<ul style="list-style-type: none"> - Support avec schémas d'aide de changement en stérile - Rappel des procédures de nettoyage

Annexe 4: Liste des objets à modéliser

Objets à modéliser	Photos
Matériel nécessaire à la manipulation aseptique	
Seringue	
Dispositif de prélèvement sécurisé	
Système connecteur pour transfert en système clos	
Filtre toupie	
Diffuseur portable	
Connecteur seringue-seringue	
Aiguilles	
Tubulure pour perfusion	
Poche de solvant	
Compresse	
Bouchon Luer-Lock	
DASRI OPCT	

Spray Détergent Désinfectant	
Champ stérile	
Vial de prélèvement pour contrôle analytique	
Flacon de PA en poudre	
Flacon de PA prêt à l'emploi	
PA en ampoule	
Éléments de protection individuels	
Masque chirurgical UU	
Charlotte UU	
Gants UU	
Surchaussures UU	
Chaussures de zone	
Casaque stérile	
Pantalon et tunique de bloc	

Annexe 5: Questionnaire de satisfaction, évaluation du SG

Questionnaire de satisfaction: formation à la manipulation aseptique en ZAC par Serious Game

Ce formulaire est destiné à l'ensemble des professionnels ayant bénéficié de la formation à la manipulation par Serious Game dans le but d'une évaluation du logiciel sur 3 axes: la jouabilité, l'apprentissage et la réalité

Données générales sur l'apprenant

1. Votre âge:

2. Expérience en ZAC

Plusieurs réponses possibles.

- Novice
- Semaines (Nb)
- Mois (Nb)
- Années (Nb)

3. Utilisation de l'outil informatique

Plusieurs réponses possibles.

- Quotidiennement
- Quelques fois par semaine (Nb)
- Quelques fois par mois (Nb)

4. Expérience en jeux vidéos

Plusieurs réponses possibles.

- Joue quotidiennement
- Joue quelques fois par semaine (Fréquence)
- Joue quelques fois par mois (Fréquence)
- Ne joue jamais

5. Quelles sont vos attentes vis à vis d'un Serious Game?

Plusieurs réponses possibles.

- Mieux comprendre les gestes professionnels réalisés quotidiennement
- Savoir adapter mon comportement aux différentes situations mêmes exceptionnelles
- Découvrir les activités professionnelles en ZAC
- Devenir plus performant dans mon activité professionnelle

6. Supports de formation déjà utilisés:

Plusieurs réponses possibles.

- Supports informatiques (Films, Power point...)
- Jeux (cartes, trivial pursuit)
- Simulation "In-Situ" (TRA, test à la fluorescéine, manipulation sur pailleasse...)
- Simulation en environnement 3D (Ex du SimUPAC...)

Jouabilité du logiciel: Plaisir de jouer, attractivité

Cette partie vis à évaluer l'utilisabilité du logiciel: sa facilité de prise en main, son attractivité pouvant influencer votre motivation à jouer

Aide à la prise en main et guidage:

7. L'écran de guidage en début de session de formation vous a paru

Plusieurs réponses possibles.

- Utile et compréhensif
- Utile mais peu compréhensif
- Inutile

8. Les logos modélisés vous ont paru

Plusieurs réponses possibles.

- Visuellement compréhensif
- Peu compréhensif

9. Les déplacements dans l'espace modélisé à l'aide du clavier vous ont paru

Plusieurs réponses possibles.

- Fluide
- Difficile

10. Le plan de situation de l'environnement simulé sur l'écran de jeu vous a paru

Plusieurs réponses possibles.

- Utile
- Inutile

11. En mode guidé, la liste de tâches à effectuer vous a paru

Plusieurs réponses possibles.

- Trop précise
- Pas assez précise
- Utile
- Inutile , pourquoi?

.....

Apprentissage

12. Le nombre de POI et les thèmes abordés vous ont paru

Plusieurs réponses possibles.

- Suffisant
 Insuffisant, thèmes manquants ?
-

13. Le contenu des POI vous a paru

Plusieurs réponses possibles.

- Pertinent
 Peu pertinent
 Non pertinent

14. Présentation du contenu des POI

Plusieurs réponses possibles.

- L'association d'une image et d'un texte vous a paru utile à la mémorisation
 Le travail de lecture est trop important et gêne la fluidité du jeu

15. Les messages d'alerte en cas d'erreur dans la procédure vous ont paru

Plusieurs réponses possibles.

- Utiles et cohérent
 Utiles mais peu cohérents
 Inutiles

16. Cocher les scénarios modélisés qui vous ont paru utiles et pertinents

Plusieurs réponses possibles.

- Habillage Classe C
 Déshabillage Classe C
 Préparation de l'isolateur
 Préparation en diffuseur à partir d'une poudre
 Préparation d'une poche à partir d'une ampoule
 Préparation d'une seringue à partir d'un PA prêt à l'emploi

Le contexte authentique

17. Les actions modélisées vous semblent elles en lien avec votre pratique professionnelle?

Plusieurs réponses possibles.

- OUI
 NON, pourquoi?
-

18. L'environnement simulé vous semble t'il proche de votre situation entrepreneuriale?

Une seule réponse possible.

- OUI
 NON, pourquoi?
-

D'un point de vue global

19. L'utilisation d'une Serious Game pour la formation à la manipulation vous semble t'il plus adapté?

.....

20. Utiliser le logiciel en autonomie (e-learning) vous semble

Plusieurs réponses possibles.

- Possible
 Impossible, pourquoi?
-

21. Quelles améliorations, évolutions vous sembleraient intéressantes à développer?

.....

22. Quelles autres compétences professionnelles ou autres scénarios vous sembleraient utiles à modéliser?

.....

Annexe 6: Grille observationnelle évaluation capacité de transfert des compétences acquises à la pratique professionnelle

Compétences	Acquis	Non acquis	En cours d'acquisition	Remarques
Hygiène et habillement				
Choix des éléments de la tenue professionnelle en cohérence avec la Classe de la zone de production				
Déshabillage tenue de ville et bijoux				
Respect du sens de l'habillement du haut vers le bas				
Respect de l'hygiène des mains (cohérence du lavage des mains avec la classe de la ZAC, chronologie de lavage des mains respectée..)				
Enfilage des EPI cohérent (Surchaussures, charlotte, masque, gants)				
Préparation aseptique				
Choix du matériel nécessaire en cohérence avec la préparation à réaliser (Volume des seringues, aiguilles, spikes, contenant final...)				
Remplissage correct du SAS de décontamination de l'isolateur (pas de surcharge, pas de superposition du matériel)				
Utilisation d'une compresse pour casser l'embout de l'ampoule				
Connexion de l'aiguille et de la seringue de manière aseptique (sans toucher aux zones de connexion : embout de la seringue, de l'aiguille...)				
Connexion de l'aiguille et de la seringue de manière sécuritaire (maintien du capuchon de l'aiguille pour la connexion)				
Prélèvement du PA de				

manière aseptique (sans toucher le piston de la seringue)				
Volume correct de PA prélevé				
Connexion d'un filtre toupie sur la seringue				
Connexion d'une aiguille sur le filtre toupie				
Injection du PA dans la poche de solvant en filtrant et de manière aseptique (sans contact avec le septum de la poche de solvant)				
Homogénéisation de la préparation par retournement et aspiration/refoulement				
Réalisation du prélèvement analytique :				
- Nouvelle seringue				
- Nouvelle aiguille				
- Injection et sortie du vial de prélèvement sans émission de nébulisat				
Tri des déchets				
Respect du tri des déchets :				
- Ampoule cassée dans OCPT				
- Aiguille dans OCPT				
- Seringues, flacons de PA, champ stérile, sachets				
Déshabillage				
Gants et surblouse stérile jetés				
Lavage simple des mains				
Déshabillage totale avant habillage en tenue de ville				

Bibliographie

1. Guéraud V, Pernin JP, Cagnat JM, Cortés G. Environnements d'apprentissage basés sur la simulation. *Sci Tech éducatives* [Internet]. 1999;6:95–141. Available from: <http://www-clips.imag.fr/arcade/User/jean-philippe.pernin/recherche/download/ste99.PDF>
2. Granry J C et Moll M C. Rapport de mission: état de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. 2012; Available from: https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_930641/fr/simulation-en-sante
3. Society for simulation in healthcare. Council for accreditation of healthcare simulation programs, accreditation standards and measurement criteria [Internet]. Minneapolis; 2010. Available from: [https://ssih.org/uploads/committees/2011 self study tool.pdf](https://ssih.org/uploads/committees/2011_self_study_tool.pdf)
4. Tiedeman D V., Knowles M. The Adult Learner: A Neglected Species. *Educ Res.* 1979;8(3):20. Available from: <http://links.jstor.org/sici?sici=0013-189X%28197903%298%3A3%3C20%3ATALANS%3E2.0.CO%3B2-O&origin=crossref>
5. Kolb DA. *Experiential Learning: Experience As The Source Of Learning And Experiential learning: experience as the source of learning and development.* Prentice Hall; 1984. Available from: <http://www.learningfromexperience.com/images/uploads/process-of-experiential-learning.pdf>
6. Fournier J-P, Jaffrelot M. Rationale for the use of simulation in medical education. *Med Ther.* 2013;19(1):42–51.
7. Barry Issenberg S, Mcgaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach* . 2005 Jan 3 ;27(1):10–28. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01421590500046924>
8. Vanpee D, Frenay M, Godin V, Bédard D. Ce que la perspective de l'apprentissage et de l'enseignement contextualisés authentiques peut apporter pour optimiser la qualité pédagogique des stages d'externat. *Pédagogie Médicale.* 2009;10(4):253–66.
9. Brydges R, Carnahan H, Rose D, Rose L, Dubrowski A. Coordinating progressive levels of simulation fidelity to maximize educational benefit. *Acad Med.* 2010;85(5):806–12.
10. Haute Autorité de Santé. Évaluation et amélioration des pratiques Guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé. HAS . 2012; Available from: https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_930641/fr/simulation-en-sante

11. Savoldelli GL, Naik VN, Park J, Joo HS, Chow R HS. Value of Debriefing during Simulated Crisis Management. *Anesthesiology*. 2006;105:279–85.
12. Chiniara G. Simulation médicale pour acquisition des compétences en anesthésie. Société française, d'anesthésie et de réanimation. Congrès national d'anesthésie et de réanimation 2007; 2007. p. 41–9.
13. S. Chen DM. *Serious Games: Games that Educate, Train and Inform*. Thomson Course Technology; 2005.
14. From Visual Simulation to Virtual Reality to Games. 2005. Available from: <http://wiki.arl.wustl.edu/images/4/47/Zyda-2005-computer.pdf>
15. B. Sawyer. The Serious Game landscape. *Instr Res Technol Symp Arts, Humanit Soc Sci*. 2007;
16. Dabbagh N. (2005). Pedagogical models for E-Learning: A theory-based design framework. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*. 2005, Vol. 1 Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.475.4593&rep=rep1&type=pdf>
17. Alvarez J. Du jeu vidéo au Serious Game. Available from: <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01240683>
18. D. Djaouti. *Serious Game Design Considérations théoriques et techniques sur la création de jeux*. Toulous III, Paul Sabatier; 2011.
19. Pastré P, Mayen P, Vergnaud G. La didactique professionnelle. *Rev Fr Pédagogie*. 2006;154:145–98.
20. A. Jean. Peut-on évaluer des compétences au travers des gestes professionnels?. Actes du 20ème colloque de l'ADMEE-Europe, Université de Genève. 2008 Available from: <https://plone2.unige.ch/admee08/symposiums/j-s3/j-s3-4/?searchterm=Jean>
21. J Leplat JH. Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cah Psychol Cogn*. 1983 ;3(1):49–63. Available from: <http://jeanmichelhoc.free.fr/pdf/LepHoc 1983.pdf>
22. Cizeron M. Le geste professionnel comme concept et outil d'analyse. Press l'Université Blaise Pascal. 2010;257–68. Available from: <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00811926>
23. Fred D Davis, Richard P Bagozzi, Paul R Warshaw. User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. Vol. 35, *Manager Science*. 1989. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/ba06/44aa7569f33194090ade9f8f91fa51968b18.pdf>

24. Bastien J M, Christian SDL. Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. RT-0156. 2006 . Available from: <https://hal.inria.fr/inria-00070012>
25. Marquet P. E-Learning et conflit instrumental: Entre didactique, pédagogie et technique. Rech Form. 2011;
26. Marfisi-Schottman I, George S, Tarpin-Bernard F. Tools and Methods for Efficiently Designing Serious Games. Available from: <http://liesp.insa-lyon.fr/nosSeriousGames>
27. Marfisi-Schottman I, George S. Supporting teachers to design and use mobile collaborative learning games. 2014. Available from: <http://www.rewild.fr>
28. Marfisi-Schottman Iza, George Sébastien, Tarpin-Bernard Franck, Prévot Patrick. Comment évaluer la qualité d'un Learning Game pendant sa conception ?. Lyon; 2012. Available from: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00963678/document>
29. Bertrand Marne, John Wisdom, Benjamin Huynh-Kim-Bang, Jean-Marc Labat. The Six Facets of Serious Game Design: A Methodology Enhanced by Our Design Pattern Library. Saarbrücken, Germany; 2012.
30. Szilas N, Widmer DS. Mieux comprendre la notion d'intégration entre l'apprentissage et le jeu. Actes l'atelier la 4ème conférence Francoph sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Hum. 2009;27–39. Available from: http://tecfa.unige.ch/perso/szilas/papers/Szilas_Sutter_EIAHSG2009.pdf
31. Matthew Peter Jacob, Habgood. The effective integration of digital games and learning content. University of Nottingham; 2007. Available from: http://eprints.nottingham.ac.uk/10385/1/Habgood_2007_Final.pdf
32. Ryan Richard M, Deci Edward L. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. American Psychologist; 2000. Available from: https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000_RyanDeci_SDT.pdf
33. Kirriemuir John, Mcfarlane Angela. Literature Review in Games and Learning. NESTA Futurelab. 2007. Available from: <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190453>
34. Björk S, Lundgren S, Holopainen J, Björk S. Game Design Patterns. Digit Games Res Conf. 2003;(May 2014):180–93. Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.111.96&rep=rep1&type=pdf>
35. National research council. How people learn: brain, mind, experience and school. Expanded

Edition. National Academy Press; 2004. Available from: <http://www.nap.edu>

36. Ministère de l'emploi et de la solidarité Ministère délégué à la santé DHOS. Bonnes pratiques de pharmacie hospitalière. Gestion. 2001;
37. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé . Bonnes pratiques de préparation. 2007 33(0):79. Available from: [http://ansm.sante.fr/Activites/Elaboration-de-bonnes-pratiques/Bonnes-pratiques-de-preparation/\(offset\)/3](http://ansm.sante.fr/Activites/Elaboration-de-bonnes-pratiques/Bonnes-pratiques-de-preparation/(offset)/3)
38. Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales. QUALIFICATION : Définition de QUALIFICATION. Available from: <http://www.cnrtl.fr/definition/qualification>
39. Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales. HABILITER : Définition de HABILITER. Available from: <http://www.cnrtl.fr/definition/habiliter>
40. Colombe A. Elaboration d'un programme de formation et d'habilitation destiné aux préparateurs hospitaliers en unité de production de médicaments stériles. Thèse [Internet]. 2016;(dumas-01310876). Available from: <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00811926>
41. OMS | Ressources sur la sécurité du patient. Un jour comme les autres. WHO. World Health Organization; 2010. Available from: http://www.who.int/topics/patient_safety/resources/fr/
42. Commission CDELA, Conseil AU, Au ET, Europeen P. Commission des Communautés européennes. Communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen. Plan d'action e-learning. Penser l'éducation de demain. 2001
43. Launay-Vacher G, Rieutord A. E-learning pour le DPC du pharmacien: L'ingénierie pédagogique, un facteur clé. J Pharm Clin. 2014;
44. Oncolor réseau régional de cancérologie en L. Formation des pharmaciens et des préparateurs en pharmacie hospitalière, sessions en e-learning _ Oncolor . 2014. Available from: <http://www.oncolor.org/espace-professionnels/formations/formation-des-pharmaciens-et-des-preparateurs-en-pharmacie-hospitaliere-sessions-en-e-learning/>
45. C. Nowak, L. Danguy des Déserts, D. Lucas PR. Atelier 3: Mise en œuvre d'un outil pédagogique ludique pour la formation des préparateurs en unité de préparation des cytotoxiques. 2015. Available from: <https://www.gerpac.eu/atelier-3-mise-en-oeuvre-d-un-outil-pedagogique-ludique-pour-la-formation-des-preparateurs-en-unite-de-preparation-des-cytotoxiques>
46. Cyril S, Isabella DG, Farshid S, Pascal B. Mise au point d'un protocole de simulation de remplissage aseptique par Media Fill et validation des opérateurs de production. 2003;2003.

47. N. Rioual, B. Rey-Rubio, C. Loeuillet, N. Mugnier VC. Mise en place d'un test à la fluorescéine dans le cadre de la formation initiale et continue des préparateurs à la pharmacie oncologique du CHRU de Brest. 2017. Available from: <https://www.gerpac.eu/mise-en-place-d-un-test-a-la-fluoresceine-dans-le-cadre-de-la-formation-initiale-et-continue-des-preparateurs-a-la-pharmacie-oncologique-du-chru-de-brest>
48. Sarfati L, Ranchon F, Vantard N, Schwiertz V, Gauthier N, He S, et al. SIMMEON-Prep study: SIMulation of Medication Errors in ONcology: Prevention of antineoplastic preparation errors. *J Clin Pharm Ther.* 2015;40(1):55–62.
49. J. Bellegarde, R. Kimbidima, R. Veillet, S. Trevis VS. La zone à atmosphère contrôlée (ZAC) des erreurs : apprendre autrement. 2017. Available from: <https://www.gerpac.eu/la-zone-a-atmosphere-controlee-zac-des-erreurs-apprendre-autrement>
50. M. Laffite, S. Biscarat IG. URC des erreurs. 2017. Available from: <https://www.gerpac.eu/urc-des-erreurs>
51. V. Klaczynski, A. Beausir CF. Une « ZAC des erreurs », pourquoi et comment ?. Available from: <https://www.gerpac.eu/une-zac-des-erreurs-pourquoi-et-comment>
52. Ma M, Jain LC, Anderson P. Intelligent Systems Reference Library 68 Virtual , Augmented Reality and Serious Games for Healthcare 1. 2014. 570 p.
53. Denami M, Marquet P. Un simulateur pour l'évaluation et la formation des compétences professionnelles des opérateurs en zone aseptique.
54. M. Denami P Marquet. Un Serious Game pour la formation professionnelle: cas des opérateurs en milieu aseptique. *Rev Éducation Form.* 2018;e-309(La fin de l' école à l'ère du numérique ?):75–87.

Serment de Galien

En présence des maîtres de la faculté, des conseillers de l'Ordre des pharmaciens et de mes condisciples, je jure :

D'honorer ceux qui m'ont instruits dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couverte d'opprobre et méprisée de mes confrères si j'y manque.

AUTEUR : TEYTAUD Manon

TITRE : Pedagogical innovation for aseptic handling in hospital : serious game development

DIRECTEUR DE THÈSE : Madame le Docteur JOURAND Audrey

LIEU ET DATE DE SOUTENANCE : Faculté des sciences pharmaceutiques de Bordeaux, le 01 Mars 2019

ABSTRACT

Aseptic handling is an high risk activity, do in hospital pharmacy which require an expert and regularly training staff.as specified in statutory text. The aim was to develop a serious game to train sterile production unit staff.

Using an pedagogical ingeneering method named ADDIE method, average about 100 professional skills were identified then designed by 7 scenarios reproducing a day in sterile production unit and 36 educational points integrated in immersive path simulating a virtual controlled atmosphere area. Two assessment methods were included in the program. A tracking system which analysed in real time the actions and guidelines deviation achieved by the learner. Thanks to this system an evaluation report was automatically generated by the program. Fifty five quiz were integrated in the program, so the appraiser can integrate various quiz at the end of the simulation training assigning a score and a correction to the learner.

After the development the prototype was tested with pedagogical ingeneering quality criteria and the program was conform to the contractual requirements .

The assessment results and the many options allowed by computer technology allow to consider program's progress in particular with virtual reality simulation.

MOTS CLÉS : aseptic handling, Serious game, virtual simulation, training

DISCIPLINE : Pharmacie

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR : Université Paul Sabatier Toulouse III – UFR des sciences pharmaceutiques, 35 Chemin des maraîchers 31400 Toulouse

AUTEUR : TEYTAUD Manon

TITRE : Innovation pédagogique pour la manipulation aseptique à l'hôpital : développement d'un *Serious Game*

DIRECTEUR DE THÈSE : Madame le Docteur JOURAND Audrey

LIEU ET DATE DE SOUTENANCE : Faculté des sciences pharmaceutiques de Bordeaux, le 01 Mars 2019

RÉSUMÉ :

La manipulation aseptique est une activité à haut risque réalisée au sein des pharmacies à usage intérieur qui nécessite un personnel qualifié et régulièrement formé, comme énoncé au niveau règlementaire. L'objectif de ce travail a donc été de développer un *Serious Game* destiné à la formation des professionnels des unités de production stériles hospitalières.

Par la méthode ADDIE de l'ingénierie pédagogique, environ 100 compétences cibles ont été identifiées puis modélisées sous forme de 7 scénarios, reproduisant une journée type en UPS, et de 36 points d'intérêt pédagogique intégrés à un parcours immersif dans un environnement virtuel reproduisant une ZAC. Deux méthodes d'évaluation de l'apprenant ont également été intégrées au logiciel. D'une part un système de *tracking* qui permet d'analyser en temps réel les actions et les écarts aux procédures spécifiques réalisés par l'apprenant. Un rapport d'évaluation est ainsi généré automatiquement en fin de session. Enfin, 54 Quiz ont été intégrés et offrent la possibilité à l'évaluateur d'insérer une session de questions à la fin de la simulation, attribuant une note et une correction à l'apprenant.

Le prototype obtenu a ensuite été testé à l'aide de critères qualité de l'ingénierie pédagogique et répond à la majorité des attentes du cahier des charges initial.

Les résultats des évaluations et les nombreuses possibilités offertes par l'outil informatique, permettent d'envisager d'autres évolutions de ce logiciel notamment vers de la simulation en réalité virtuelle.

MOTS CLÉS : manipulation aseptique, *Serious Game*, simulation virtuelle, formation

DISCIPLINE : Pharmacie

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR :

Université Paul Sabatier Toulouse III – UFR des sciences pharmaceutiques
35 Chemin des maraîchers
31400 Toulouse