



HAL
open science

Évaluation de l'intérêt pédagogique d'un serious game en ORL pour les étudiants de deuxième cycle

Thomas Garnier

► **To cite this version:**

Thomas Garnier. Évaluation de l'intérêt pédagogique d'un serious game en ORL pour les étudiants de deuxième cycle. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03411782

HAL Id: dumas-03411782

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03411782>

Submitted on 2 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE BORDEAUX

Unité de Formation et de Recherche des Sciences Médicales

Année 2021

Thèse n° 3253

Thèse pour l'obtention du

DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

Discipline : Oto-rhino-laryngologie et chirurgie cervico-faciale

Présentée et soutenue publiquement le 15 octobre 2021 à Bordeaux

par

Thomas GARNIER

Né le 8 Avril 1991 à Saint-Quentin (02)

**Évaluation de l'intérêt pédagogique d'un serious game en ORL
pour les étudiants de deuxième cycle**

Directrice de Thèse :

Madame le Professeur Valérie FRANCO

Membres du Jury

Monsieur le Professeur Vincent DARROUZET	Président
Madame le Professeur Valérie FRANCO	Juge
Monsieur le Professeur Erwan DE-MONES-DEL-PUJOL	Juge
Monsieur le Professeur Patrick DEHAIL	Juge
Madame le Docteur Alix RIBADEAU-DUMAS VALETTE	Juge
Monsieur le Docteur Charles AUSSÉDAT	Rapporteur

Remerciements :

A Monsieur le **Pr DARROUZET**,

Merci pour votre bienveillance à mon égard et pour votre enseignement précieux, l'otologie semble chose simple en votre présence. Votre soutien franc et votre volonté de me faire rester au CHU de Bordeaux m'ont beaucoup touchés mais comme vous le savez « *l'amour a ses raisons que la raison ignore* ». C'est évidemment avec regret que je pars car on sait ce que l'on perd mais pas ce que l'on gagne.

A Madame le **Pr FRANCO**,

Je te remercie pour tout ce que tu m'as apporté : ton enseignement, ton sérieux et la confiance que tu as finalement placé en moi ont été des outils indispensables dans mon parcours d'interne. J'ai découvert un autre visage au fil du temps et c'est celui que je garderai en mémoire. Merci d'avoir dirigé cette thèse et de m'avoir trouvé ce travail (qui m'a particulièrement plu). Tu connais mon amour des recueils de données et des statistiques, ces étapes ont été finalement très simples grâce à toi.

A Monsieur le **Pr DE-MONES-DEL-PUJOL**,

L'ORL carcinologique serait, à mon sens, bien moins attractif si tu n'étais pas toi et si tu ne savais pas t'entourer de tout aussi talentueux praticien et chef/assistant. Écrire des remerciements est chose compliquée et il est difficile de résumer en quelques phrases tout ce que l'on voudrait dire. J'essaye quand même : merci pour ton enseignement, ton sérieux, ton amour de l'anatomie, ta volonté de transmettre mais également pour ton humour et ta compassion. Ce sera toujours un véritable plaisir de te retrouver dans le futur.

A Monsieur le **Pr DEHAIL**,

Je vous remercie de tout cœur de m'avoir permis de faire ce travail novateur, j'espère qu'il servira aux prochains internes qui s'attaqueront à ce sujet. Merci de me faire l'honneur d'être membre du jury de cette thèse.

A Madame le **Docteur RIBADEAU-DUMAS (DE-LA-VALETTE)**,

Ma chère Alix, les mots ne suffisent pas pour exprimer la gratitude et l'admiration que j'ai pour toi. Je ne pense pas que tu te rendes compte à quel point ton soutien, ta gentillesse et ton enseignement m'ont été précieux pendant mon internat. Sans toi, cette thèse aurait probablement traité d'un sombre sujet

d'anatomopathologie. Avoir ne serait-ce que la moitié de tes compétences professionnelles et de tes qualités humaines serait déjà une grande victoire personnelle.

A Monsieur le **Docteur AUSSEDAT**,

Merci de m'avoir accompagné dans ce travail et pour vos remarques constructives. C'était un plaisir de travailler avec vous. J'espère vous rencontrer à ma thèse mais je ne doute pas que nos chemins se croiseront.

A ma famille,

Tout d'abord à ma mère, tu as été un pilier indestructible pendant toutes mes études (de l'apprentissage de l'alphabet jusqu'à maintenant), tu as toujours su me soutenir et trouver les bons mots, peu importe les épreuves que toi-même tu pouvais traverser. Tu m'as appris à rire dans les moments gênants, à sourire dans les moments difficiles, à être fier de son travail, à aider ceux qui en ont besoin, à découvrir et aimer la médecine, à faire preuve de résilience quand le sourire ne suffit plus, à comprendre le sens du mot « famille »... Tu t'en doutes mais mon retour dans le Grand Nord est motivé par l'idée de vous retrouver, cette famille et toi. Il y a tellement de choses à dire mais un lourd pavé de thèse risquerait d'effrayer le jury et j'aimerais qu'ils la lisent quand même... La personne que je suis serait forcément nettement moins bien sans toi.

A Ronan, même si nos relations n'ont pas toujours été parfaites et que j'en parle peu, je suis très fier de ce que tu as accompli jusqu'ici. Continue comme ça, je crois en toi. « Bisous Bro' »

A mon père, c'est quand on grandit et que l'on se rend compte de la difficulté d'allier obligation et désir qu'on devient plus indulgent vis-à-vis de ses parents. Même si tout n'était pas parfait, tu as toujours été là pour m'aider et m'écouter. Ton soutien, ton éducation et ta présence ont été très importants à mes yeux, même si je n'en parle jamais.

A mes grands-parents, la Josette et le Henri, vous m'avez toujours encouragé depuis petit, la personne que je suis aujourd'hui est grâce à vous. Les mots sont biens pauvres pour exprimer ce que je ressens pour vous. La fin de mes études me réjouit car je sais qu'elle signe le temps où je pourrai venir vous voir bien plus souvent.

A Simon, Quentin, Martin et Gaël, mes supers cousins !!

A Vincent, ce gitan de ces morts, en dépit de ton intelligence proche de l'huître avinée, tes conseils et ton amitié me sont essentiels. Malgré la distance, on est toujours les mêmes gros débiles et on arrive même à être de plus en plus proche. Hâte que tu aies tes enfants pour que je leur explique gentiment à quel point ils ressemblent à leur père et à quel point c'est dommage <3. J't'm.

A Hellecus, le vieux débris que j'avais rencontré à l'époque est devenu un bien beau guerrier maintenant. Je t'aime presque autant que j'aime rager, c'est dire. Hâte de remonter dans la Picardie profonde pour te voir plus souvent ! Tu pourras toujours compter sur Vince et moi pour t'offrir des livres sur l'éducation parentale, apparemment tu as dévoré celui qu'on t'avait offert ! J'te kiff.

A Jb et Seb, les deux copains du lycée qui me font redevenir aussi débile qu'à la grande époque. J'ai tellement ri avec vous que je pense avoir atteint une espérance de vie de 120 ans. Tant pis pour vous. J'espère vous voir plus souvent, vous me manquez les gros.

A Hadrien, mon ex-colloc !! Nos jeudis TN me manquent !! Une sacrée rencontre de Nordiques en terrain Bordelais, même si mon arrivée dans le nord va être signée par ton départ de celui-ci, on se voit bientôt !! Best colloc ever. Love.

Aux chefs, on commence par le meilleur !! Le fameux Dr Castetboooooon (boum), un mec extraordinaire doublé d'un excellent chirurgien. Tu vas beaucoup me manquer. Merci pour ton enseignement, aussi bien au bloc qu'au bar.

Au Dr Sagardoy (ou Sagardoigt), un caractère (parfois) mais surtout un excellent ami (toujours). Plus sérieusement, ton enseignement, ta volonté d'enseigner, ta rigueur et ton expertise m'ont beaucoup apporté. Ce que tu as fait de la pédiatrie ORL à Bordeaux est incroyable. Nos cafés-relai vont beaucoup me manquer. Hâte de venir au pays Basque prendre quelques jours, hâte de te recevoir en Picardie (si si, on trouvera une raison pour te faire monter avec ta moitié, Aurélie l'adore).

Au Dr Alharbi, un bon co-interne qui est devenu un excellent chef. T'es vraiment un mec incroyable, ça a été un plaisir d'apprendre à tes côtés et un bonheur d'apprendre de toi. Tu vas beaucoup me manquer. L'avantage maintenant, c'est que j'ai un pied-à-terre en Arabie Saoudite, et ça c'est cool.

Au Dr Dassé, sacré co-interne, sacré chef, sacré toi ! Ton départ sera une énorme perte pour le service, tu vas beaucoup me manquer, je te souhaite que du bonheur, mais vraiment beaucoup, en grosse quantité.

Au Dr Kerimian dit « la mélo », merci pour ton enseignement et ta bonne humeur. Tu apportes énormément à la rhinologie. Reste la même !!!

Au Dr Legrenzi, le ciel aurait été bien sombre en début d'internat sans toi et Sylvain. Je suis pas très doué pour dire les choses mais tu es une des personnes qui me manquera le plus quand je serai remonté dans le froid picard. Tu es une amie de dingue... gros fan de toi ici.

A Léa, merci pour tout !! Une bonne co-interne devenue une excellente chef, plein de bonheur à toi et ta famille ! A Rachel, la fameuse, une chic fille doublée d'un excellent médecin !

Au Dr Champyyyyy, merci pour tout. Un co-interne au top et un chef tout aussi génial. Beaucoup de bons souvenirs à tes côtés. Je te souhaite le meilleur mon petit Sylvain.

A mes co-internes :

Ma petite Sophie, mon internat a été ensoleillé par ta simple présence. Nos débuts de garde, nos premiers jours de stage, la boule au ventre, nos soirées endiablées à l'internat (ou ailleurs), ce sont autant de souvenirs qui me resteront en mémoire. Continue à être toi, y'a pas mieux. Hâte de te recevoir en Picardie <3. Et n'oublie jamais : il y a plus cons que nous qui réussissent !!!

Mon Paulo, sacrée tranche de Landais !! Un mec simple qui aime le Ricard, la musique française, les femmes et le dafalgan codéiné !! Tu vas beaucoup me manquer là-haut !! Vivement que je redescende dans la région pour te voir. Prend soin de toi et instaure le porté-de-chef par les internes quand tu arriveras en carcino, ça soulagera ton dos.

A Alice, ma petite Alice, l'humaine la plus humaine et humaniste que j'ai rencontré. Un super médecin et chirurgien, les patients me parlent encore de toi ☺ Tu es extraordinaire, ça fait déjà trop longtemps que tu es partie. Tu me manques beaucoup.

A ma Cloclo, mon p'ti crush amical, à nos brunch post-garde, à nos supers soirées, à tes bêtises, à ton tic de lèvres quand tu réfléchis. Tu vas me manquer ! A Yasmine, ma petite boule de miel, trop de bons souvenirs avec toi aussi bien au boulot qu'au bar, sacrée pilier de comptoir ! A Juju, la référente du tonnerre, digne successeuse de ce rôle béni, notre mère à tous. A Susu, merci de t'être autant confiée à moi, merci d'avoir démystifié la légende de Henri ! A Marie, ce semestre avec toi était incroyable, tu vas vraiment beaucoup me

manquer là-haut ! A Jeffrey, à princesse Océane, à Jeannette, à Thibaut, à Antoine et Manon. A Marine et à Perrine que je ne connais que trop peu.

A Martin, évidemment.

Au reste de l'équipe d'ORL, mes inf préférées : Kamélia, le soleil de mes nuits, à Véro, la terreur de l'ORL, la belle Sabrina, la magnifique Sonia, Sarah, Sa Bine et Marie de la nuit, Camille, Tiff dit aussi Oydaaaaa...

Aux filles de l'audio, « Oui, c'est Thomas, j'ai oublié de vous dire, y'a 14 patients qui vont venir aujourd'hui en plus... », à Françoise, Joëlle et Christiane !! Aux IBODEs : Notre clubeur bronzé Pascal, Marie, Laura, Barbara, Anne-Marie-Julie-Cécile-Françoise (elle se reconnaîtra), Karine et tous ceux que j'oublie...

Au service de Maxillo : Au Pr Majoufre, à Mathieu, PAD et aux chefs (Charlotte, Xavier, Benji , Chloé et Catherine) merci pour vos enseignements et votre gentillesse à mon égard. A la team internes maxillo : Romain, Adrien, Marion BV, Luz et Emma. Merci d'avoir toléré mon indisponibilité ce semestre. Vous allez me manquer.

Au service de Neurochir : Roblot le seul et l'unique, un idiot comme on en fait plus (et heureusement), au courageux Momo, à la silencieuse Laetitia, à Arthur, à Wavasseur (la biz du p'ti chat), à Édouard, à Vincent J, et surtout, à la seule et unique Madame le Pr Liguoro, votre gentillesse et votre empathie sont des atouts rares. Merci de ce que vous avez fait pour moi.

Aux copains de l'internat : Olivier, Thibaut, Hadrien, Claire, Marie, Etienne, Gaby, Théo et j'en passe. Merci à vous pour ces années de dingue.

Au covid, pour avoir flingué notre formation bien comme il faut.

A A. Elbakyan.

A Lili,

Ma vie sans toi n'aurait que peu de sens.

J'ai hâte de commencer une nouvelle page avec toi.

Je t'aime.

A l'attention du jury de thèse : Voici le mode d'emploi si vous voulez réaliser le serious game.

Il faut être sur un ordinateur portable ou fixe connecté à internet
(le site ne fonctionne pas correctement sur tablette ou smartphone pour l'instant)

Vous avez normalement reçu dans les jours précédents un mail de l'adresse « help@medicactiv.com »
« MedicActiv » (si vous ne le trouvez pas, pensez à regarder dans vos spams)

→ Dans ce mail : cliquer sur « Créer mon compte MedicActiV »

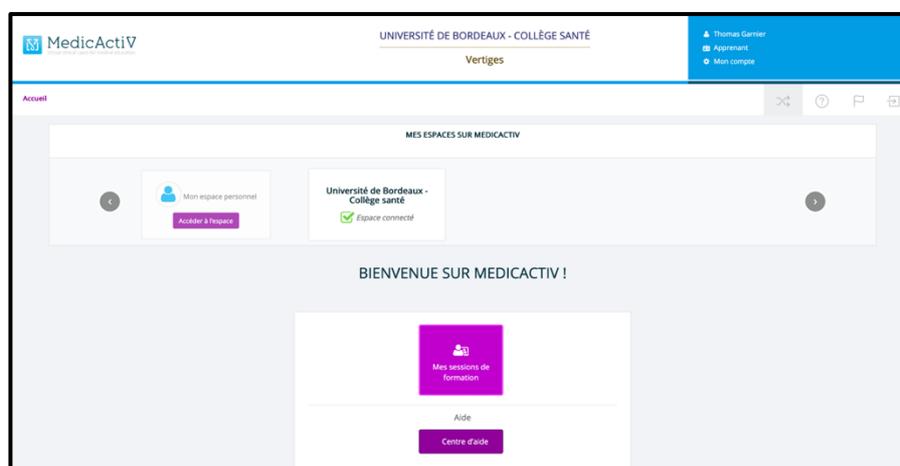


→ Remplir vos informations, créer le mot de passe puis valider.

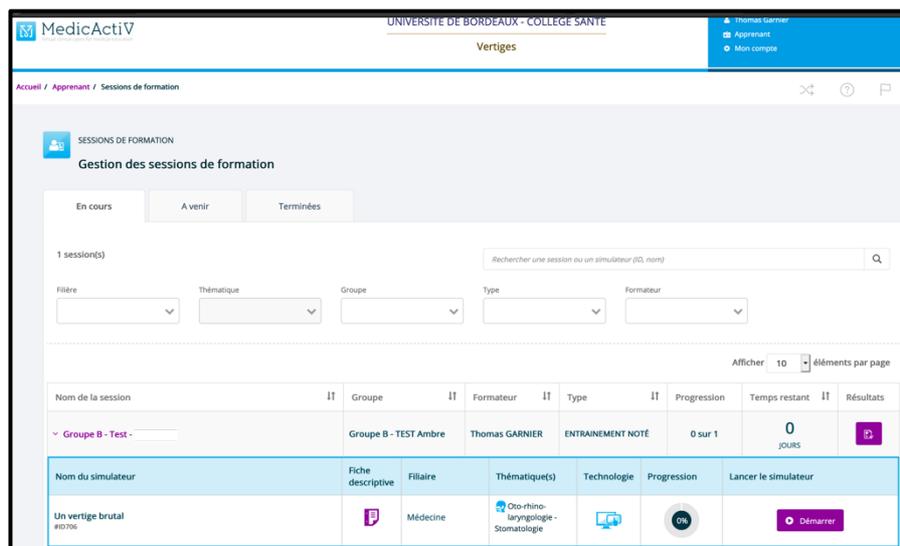
→ Vous serez redirigé sur cette page :



→ Cliquer sur « Retour à l'accueil », vous accéderez à cette page :



→ Cliquer sur « Mes sessions de formation », vous accéderez à cette page :



→ Cliquer sur le « Démarrer » de la session « Un vertige brutal », vous pouvez soit télécharger l'application ou lancer le jeu en ligne, je vous conseille de le lancer en ligne.

Résumé

Contexte : Les serious games ou jeux sérieux sont des jeux à objectif pédagogique. Leur intérêt en médecine a été prouvé aussi bien dans la formation théorique des médecins, dans les acquisitions pratiques des chirurgiens que dans l'éducation thérapeutique des patients. Le syndrome vertigineux étant un motif de consultation fréquent et mal maîtrisé par la profession médicale, nous avons proposé un jeu sérieux de simulation de consultation axé sur le vertige aigu aux étudiants en médecine.

Objectif principal : Il s'agit d'une étude prospective, monocentrique et comparative avec groupe contrôle réalisée à la faculté de médecine de Bordeaux. Le but de cette étude est de prouver le caractère pédagogique de la réalisation d'un serious game portant sur le vertige en ORL en plus de l'apprentissage classique auprès d'une population d'externes en quatrième année d'étude médicale pendant l'année scolaire 2020 à 2021.

Matériels et Méthodes : Un essai randomisé a été mené auprès d'étudiants volontaires en quatrième année de médecine. Les étudiants ont tous suivi l'apprentissage classique (via les cours magistraux et les référentiels nationaux) et ont répondu à un test de connaissance sur le vertige en ORL noté sur 100 points (10 QRM). Les étudiants ont été randomisés entre groupe contrôle et groupe jeu. Le groupe jeu a réalisé un exercice de simulation de consultation sur internet mettant en scène une patiente souffrant de névrite vestibulaire. Le même test de connaissance a été proposé à quatre semaines au groupe contrôle et au groupe jeu afin de comparer les progrès de chaque groupe.

Résultats : En comparant les résultats entre le groupe contrôle (n=75) et le groupe jeu (n=59), nous ne retrouvons pas de différence significative au premier questionnaire (avant serious game). Nous avons mis en évidence une différence significative ($p < 0,0001$) au deuxième questionnaire (après serious game) entre le groupe contrôle (46,9 +/- 16,8 points) et le groupe jeu (68,1 +/- 18,1 points). Le groupe contrôle n'a pas fait de progrès significatif ($p = 0,314$) entre les deux questionnaires. Dans le groupe jeu, on retrouve une différence significative ($p < 0,0001$) entre le premier questionnaire (46,1 +/- 17,6 points) et le second questionnaire (68,1 +/- 18,1 points).

Conclusion : L'utilisation d'un serious game en plus de l'enseignement classique semble avoir un impact positif sur l'apprentissage des étudiants à 1 mois. De nouvelles études sont souhaitables afin d'évaluer cette efficacité à distance (comparaison à 3 mois / à 6 mois).

LEXIQUE

CNIL = Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

IRM = Imagerie par résonance magnétique

ORL = Oto-rhino-laryngologie

QRM = Question à réponses multiples

SG = Serious game = Jeu Sérieux

TDM = Tomo-densitométrie

VNG = Vidéo-nystagmographie

VNS = Vidéo-nystagmoscopie

Introduction.....	15
I. Bases pédagogiques :.....	16
A. Les compétences, les problèmes et leur développement.....	16
1. Le concept de compétence.....	16
2. Les problèmes de compétence rencontrés en médecine	17
3. Le développement des compétences	18
a) Développement des compétences techniques	18
b) Développement des compétences non-techniques	19
B. Raisonnement médical et perturbations cognitives	19
1. Le raisonnement médical.....	19
2. Raisonnement médical et biais cognitifs en situation de crise	21
3. Le rôle de l'expérience.....	22
C. L'apprentissage chez les étudiants en médecine	23
1. L'apprentissage théorisé.....	23
2. L'apprentissage par le jeu.....	24
D. Les jeux sérieux.....	25
1. Les débuts et définition des jeux sérieux.....	25
2. Les concepts associés : Serious Gaming et Gamification.....	28
a) Le Serious Gaming	28
b) Le concept de Gamification.....	31
3. Avantages pédagogiques des serious games.....	32
4. Limites pédagogiques des serious games	34
5. Serious games en médecine, état de l'art.....	35
a) Les serious games au service de la chirurgie.....	35
b) Les serious games au service de la médecine d'urgence et de catastrophe.....	36
c) Les serious games au service du raisonnement clinique médical.....	37
d) Les serious game au service du patient	38
II. Matériel et méthode :.....	38
A. Objectif de l'étude.....	38
1. Objectif principal	38
2. Objectifs secondaires	39
B. Schéma de l'étude	39
C. Autorisations légales	41
D. Modalités d'entrée dans l'étude.....	42
E. Critères d'inclusion.....	43

F. Critère d'exclusion	43
G. Outil étudié : la simulation en Serious Game.....	43
1. Création du jeu Serious Game, un vertige brutal	43
a) Le dossier médical du patient.....	47
b) L'interrogatoire.....	48
c) Examen clinique	49
d) Examens paracliniques et prise en charge	53
e) Déroulement du serious game	53
2. Modalités d'accès au cas clinique virtuel par l'étudiant.....	54
3. Modalités d'évaluation de l'étudiant.....	54
a) Évaluation des connaissances théoriques	54
b) Évaluation subjective des cas cliniques virtuels par l'étudiant	55
4. Analyse statistique	56
a) Méthode statistique.....	56
b) Calcul du nombre de sujets nécessaires.....	56
III. Résultats	57
A. Caractéristiques de la population.....	57
B. Comparaison des groupes.....	58
C. Analyse du critère de jugement principal	58
D. Analyse des critères de jugement secondaires.....	60
1. Analyse du bénéfice du SG selon le niveau initial de l'étudiant	60
2. Analyse du bénéfice du SG par rapport à l'auto-évaluation de l'étudiant	61
3. Analyse du bénéfice objectif du SG par rapport à l'âge	62
4. Analyse du bénéfice du SG par rapport au cursus de l'étudiant.....	63
5. Analyse du bénéfice du SG par rapport au stage en ORL.....	63
6. Résultats du questionnaire de satisfaction	64
IV. Discussion.....	66
A. Résultats.....	66
B. Choix de la méthode.....	68
1. Choix lors de la création du Serious Game.....	68
2. Mode d'évaluation par questionnaire de connaissances	71
C. Problématiques rencontrées et axes d'amélioration	75
V. Conclusion :.....	80
ANNEXES.....	81
Bibliographie.....	90
SERMENT D'HIPPOCRATE :	95

Introduction

L'enseignement en médecine est depuis longtemps articulé autour des deux piliers principaux que sont les cours magistraux et la pratique clinique en stage. Ces méthodes ont prouvé leurs valeurs pédagogiques depuis longtemps, néanmoins certains étudiants en médecine présentent de réelles difficultés d'apprentissage pouvant parfois mener à un véritable échec scolaire voire à l'abandon des études. Les acquisitions cliniques des étudiants passent essentiellement par la réalisation de stages à l'hôpital dans différents services. Le nombre de ces stages étant limité, il est impossible pour un étudiant de réaliser un passage dans chacune des disciplines qu'il doit étudier au cours de son parcours universitaire. Cela entraîne des disparités entre les étudiants face aux examens et dans leur métier futur. Il semble que le cursus universitaire médical manque d'un moyen d'entraîner les étudiants de manière réaliste à ce que sera leur future pratique clinique mais également d'une façon d'enseigner différente pour toucher les étudiants moins sensibles à l'apprentissage théorique. Depuis l'avènement du numérique ces dernières années, les « serious games » ou « jeux sérieux » ont fait l'objet d'une attention particulière en médecine (1). Ces jeux à but pédagogique sont de plus en plus utilisés dans la profession médicale et peuvent concerner des domaines aussi variés que la chirurgie, la médecine d'urgence ou de catastrophe, l'éducation thérapeutique et l'enseignement universitaire.

Le vertige d'origine otologique fait partie de l'enseignement facultaire et représente un motif de consultation fréquent auquel tout médecin sera confronté. La rigueur nécessaire dans l'interrogatoire et l'analyse de ses éléments sémiologiques ainsi les diagnostics différentiels neurologiques qui en découlent font du vertige un pan de la spécialité ORL essentiel à connaître mais difficile à intégrer pour la plupart des étudiants.

Partant de ces postulats, il semblait donc licite de proposer un serious game dont le thème était axé sur le vertige d'origine ORL. Nous avons donc créé à l'aide d'une entreprise extérieure un serious game simulant une consultation médicale d'une patiente qui présente un vertige d'origine otologique et nous avons évalué l'intérêt pédagogique de ce jeu associé à l'enseignement universitaire classique chez les étudiants en médecine.

L'étude réalisée et présentée ici est une étude monocentrique, prospective et comparative avec groupe contrôle. La population étudiée est la promotion d'étudiants en quatrième année de médecine pendant

la période scolaire de 2020 à 2021. L'objectif principal de l'étude est de montrer une augmentation significative des résultats d'un questionnaire de connaissance chez les étudiants ayant réalisé le serious game par rapport à ceux ne l'ayant pas fait afin de prouver son intérêt pédagogique dans la formation au vertige en ORL. Cette étude permettra peut-être de proposer par la suite un outil pédagogique, ludique et didactique aux étudiants et d'ouvrir de nouvelles perspectives d'enseignement.

I. Bases pédagogiques :

La formation est un point clé des études et du parcours médical. Dans l'antiquité, Hippocrate nous rappelle de ne rien entreprendre « qui dépasserait [nos] compétences », d'entretenir et de perfectionner nos compétences « pour assurer au mieux les services qui [nous] seront demandés ».

Dans ce but de formation, il est important de créer de nouvelles méthodes pédagogiques, de les faire évoluer et de correctement les évaluer. Il est donc nécessaire de travailler sur le concept de la compétence et son développement, sur les particularités du raisonnement médical et sur l'enseignement par la simulation, quelle qu'elle soit.

A. Les compétences, les problèmes et leur développement

1. Le concept de compétence

Selon la Haute Autorité de Santé (HAS) en 2015 (2), la « compétence médicale » repose « d'une part sur des acquisitions théoriques et pratiques qu'il convient de définir en fonction des spécificités de chaque spécialité médicale et d'entretenir tout au long de l'exercice professionnel, d'autre part sur des aptitudes et attitudes individuelles à définir de manière transversale et prendre en compte pour assurer un exercice médical de qualité ».

On se rend compte que cette définition est trop générale, notamment pour le médecin. Ainsi Epstein et Hundert (3) ont fait une revue de la littérature en langue anglaise sur la période 1966 à 2001 sur cette question et identifient un certain nombre de dimensions de la compétence professionnelle : cognitives, techniques, intégratives, appréhension du contexte, relationnelles, affectives et morales, modes de pensée. Ils rappellent que le concept de compétence chez le médecin n'est pas seulement d'avoir une certaine base de connaissances théoriques et de les utiliser afin de proposer des solutions simples face à des problématiques. Il s'agit surtout de savoir prendre en charge des problèmes ambigus, de supporter l'incertitude et de savoir prendre des décisions dans ces contextes. Pour ces auteurs, la complexité de la notion de compétence professionnelle est à prendre en compte pour définir des méthodes d'évaluation de la compétence complètes.

2. Les problèmes de compétence rencontrés en médecine

La compétence des professionnels est nécessaire à la dispensation de soins sûrs et de qualité. La littérature établit un lien entre la compétence et la qualité des soins. Par exemple, Leape en 1991 (4) identifie que dans 28 % des cas d'événement indésirable grave, des soins négligents en sont à l'origine. L'analyse des événements porteurs de risque du dispositif d'accréditation de la pratique des médecins indique que le défaut de compétence individuelle représente 3,9 % des causes identifiées. Dans l'ouvrage « To err is human », les auteurs estiment le nombre de décès lié aux erreurs médicales dans les hopitaux aux USA à 98 000/an. Ce nombre est supérieur à celui par accident de voiture, cancer du sein ou VIH, pourtant ces causes sont nettement plus médiatisées (5).

Ainsi, les problèmes de compétence rencontrés dans les établissements de santé peuvent être de l'ordre du savoir, du savoir-faire et du savoir-être. Un manque de connaissance ou de savoir-faire peut conduire à des erreurs et à des conséquences sur la qualité des soins. Ces manques peuvent être patents dans certains cas ou nécessiter une analyse en se demandant ce qu'aurait fait dans cette situation un professionnel normalement compétent. La création de plateforme de simulation visant à améliorer les compétences des soignants permet donc d'améliorer le savoir et le savoir-faire. La question du problème

de savoir-être relate les comportements nocifs et malveillants du professionnel dans l'exercice de son métier et ne sera pas traitée ici.

3. Le développement des compétences

a) Développement des compétences techniques

En médecine et plus particulièrement en chirurgie, les compétences techniques ont depuis longtemps été enseignées par le compagnonnage. Les soignants expérimentés montrent, aident, guident et enseignent leur savoir-faire aux plus jeunes. En 2006, Reznik décrit le schéma cognitif du développement des compétences techniques des chirurgiens (6), il se décompose en trois phases :

- Phase cognitive : L'apprenant intellectualise la tâche, les performances sont irrégulières et il mémorise la tâche étape par étape. Dans cette phase, la capacité d'attention est saturée, l'apprenant n'est pas capable de décrire ou d'expliquer à un tiers la tâche qu'il effectue.
- Phase d'intégration : l'apprenant n'a plus besoin de décomposer la tâche étape par étape, il doit toujours y penser mais sa technique et ses gestes sont plus fluides.
- Phase autonome : l'apprenant réalise la tâche sans avoir besoin d'y penser de façon consciente. Son attention et sa capacité de concentration ne sont pas saturées par la tâche qu'il réalise et peut interagir avec son environnement.

b) Développement des compétences non-techniques

Le développement des compétences non techniques fait appel aux capacités cognitives propres à chaque individu. Selon Flin, les compétences non techniques sont « une combinaison de savoirs cognitifs, sociaux, et des ressources personnelles complémentaires des savoir-faire procéduraux qui contribuent à une performance efficiente et sûre » (7). Ces compétences rassemblent la communication, l'analyse de la situation, la prise de décision, le travail en équipe, le professionnalisme, etc.

B. Raisonnement médical et perturbations cognitives

1. Le raisonnement médical

Le raisonnement médical se construit selon un schéma cognitif identique à celui de la pensée en général. Kahneman résume dans son livre le schéma cognitif en deux systèmes (8).

- Le système 1 est le système cognitif qui fonctionne de manière automatique, involontaire, intuitive, rapide et demandant peu d'effort. De manière générale, le système 1 est le système de raisonnement utilisé par défaut, car il est le moins coûteux en énergie. C'est également lui qui est à l'origine de la créativité, grâce aux multiples associations intuitives qu'il effectue.
- Le système 2 est le plus souvent – à tort – associé à la faculté de pensée. Il nécessite une certaine concentration et une certaine attention de la part de l'individu. Il intervient dans la résolution de problèmes complexes, grâce à son approche plutôt analytique. Il est toutefois plus lent que le système 1 et intervient lorsque le système 1 est confronté à un problème nouveau auquel il ne sait pas répondre.

Le raisonnement médical est un processus complexe faisant intervenir les deux systèmes décrits par Kahneman. Certaines situations cliniques simples feront intervenir le système 1. Devant une certaine

situation clinique, il permet au praticien d'évaluer (le diagnostic) et de proposer une prise en charge adaptée (la thérapeutique). Depuis les années 70, ce raisonnement médical fait l'objet de nombreuses études cognitives. Le modèle le plus retenu est apparu dans les années 90, c'est la théorie du double processus (*dual process theory*). Cette théorie est très similaire au modèle proposé par Kahneman et propose une approche basée sur deux processus de raisonnement (9).

- Un processus intuitif ou non analytique : c'est l'interprétation de données contextuelles (ex : femme jeune) et d'éléments cliniques immédiatement décelables (ex : immobilité faciale unilatérale concernant les deux étages de la face), permettant de générer des hypothèses diagnostiques (ex : paralysie faciale périphérique). Le processus non analytique est possible d'une part grâce aux connaissances de la pathologie dans sa présentation typique (« reconnaissance de forme »), et d'autre part, grâce à l'expérience du praticien permettant la reconnaissance de similarités à des cas précédemment rencontrés (« reconnaissance d'exemples concrets »). Dans la littérature médicale, ce processus est appelé aussi « *gut feelings* » qui peut se traduire par « *l'instinct, le viscéral* ».
- Un processus rationnel ou analytique : c'est l'étape qui permet de confirmer ou d'infirmer le diagnostic. C'est un raisonnement hypothético-déductif. Le praticien s'attachera à rechercher des signes cliniques et paracliniques ou leurs absences qui permettront de converger vers l'hypothèse évoquée. A l'issue de cette démarche, le praticien sera capable de proposer une solution pour envisager des solutions thérapeutiques (10).

Dans la plupart des pays, l'enseignement au raisonnement médical chez les étudiants est principalement axée sur le processus rationnel et analytique. Même si cet axe est important dans l'apprentissage, très peu de place est laissée au processus intuitif. Et pourtant, celui-ci est mis en avant lors de l'appréciation des compétences d'un médecin. Ainsi, on demandera à l'étudiant un interrogatoire complet du patient et un examen clinique très exhaustif. Si celui-ci oublie une partie de l'examen même si elle n'est pas utile au diagnostic, on pourra le lui reprocher. Norman et Al (11) ont montré que cette approche pédagogique basée essentiellement sur une approche analytique est illogique et amène même à un niveau de performance plus faible chez les étudiants. A l'inverse un médecin s'attardant sur ces détails « inutiles » dans l'élaboration du diagnostic sera mal considéré car témoignant une perte de temps voire d'efficacité.

2. Raisonnement médical et biais cognitifs en situation de crise

Bien que cette notion soit à approfondir par des serious games dont le thème est la gestion de situations de crise, il est important de noter que le raisonnement médical est fortement corrélé au contexte dans lequel le praticien évolue. En situation d'urgence, de nombreuses spécificités peuvent apparaître et entraîner des désordres cognitifs dans le raisonnement médical (10).

- La nécessité d'agir rapidement et donc de « penser vite ».
- Niveau d'incertitude diagnostique élevé (examen clinique non réalisable (ex : coma), examens complémentaires non possibles (ex : médecine pré-hospitalière))
- La charge affective et le stress à l'idée d'une issue fatale pour le patient
- Le caractère dynamique de la situation (ex : aggravation du patient au fil du temps)
- La gestion simultanée de plusieurs patients et l'interruption de tâche

En dehors des situations de crise, lors d'une consultation par exemple, on retrouve la notion de biais cognitifs. Dans son écrit, Kahneman (8) s'est concentré sur ces biais afin d'expliquer certaines décisions irrationnelles économiques. Parmi les biais les plus fréquents, on retrouve :

- *Biais sensori-moteurs* : appelés communément illusions liées aux sens et à la motricité.
- *Biais attentionnels* : rencontrés dans les problèmes de concentration.
- *Biais mnésiques* : par exemple les effets de primauté et de récence (capacité à se souvenir plus facilement du premier et du dernier élément).
- *Biais de jugements* : altération de la capacité de jugement objectif.
- *Biais de raisonnement* : distorsions de raisonnement comme préférer des éléments qui confirment une hypothèse au détriment de ceux qui l'infirment.
- *Biais liés à la personnalité* : d'ordre sociaux, linguistiques, culturels etc.

On retrouve de nombreuses analogies dans ces biais avec ceux rencontrés en médecine et dans le raisonnement médical. On peut retrouver notamment : une limitation des capacités décisionnelles et d'action des soignants, une modification de la clarté du jugement ou encore des erreurs de fixation. Les

erreurs de fixation sont définies par la tendance à aller chercher des informations allant uniquement dans le sens de l'hypothèse diagnostique imaginée.

Tout comme le novice est plus sujet au stress dans les situations de crise (12), il est également plus soumis aux biais cognitifs. En effet, Schubert et al expliquent que l'expérience d'un praticien expert limite l'interférence des biais cognitifs et l'altération qu'ils entraînent dans le raisonnement médical (13).

3. Le rôle de l'expérience

Comme attendu, le rôle de l'expérience est capital dans la compétence médicale. Un praticien expérimenté sait isoler les éléments pertinents d'une anamnèse ou d'un examen clinique, éliminer les discordances, recentrer le diagnostic ou la prise en charge si nécessaire. Plusieurs éléments cognitifs ont été décrits pour qualifier un praticien comme expert (13) :

- La vision globale
- La capacité à donner un sens à la situation.
- L'anticipation.
- La connaissance et la gestion des ressources.
- La gestion des situations complexes.
- La gestion du temps.
- Le suivi et la gestion d'équipe.
- La communication d'équipe et interprofessionnelle.
- La gestion et l'analyse de soi-même.

C. L'apprentissage chez les étudiants en médecine

Comprendre les différentes méthodes d'apprentissage chez les étudiants est un objectif depuis longtemps théorisé. Il est particulièrement étudié chez les étudiants en médecine.

1. L'apprentissage théorisé

Le modèle le plus ancien est proposé par Flemming Neil et repose sur la classification VARK. A l'aide d'un questionnaire, elle permet de classer les personnes selon leurs facilités de mémorisation. On classe ainsi en « profil » selon si les préférences mnésiques sont plutôt « visuelles » (Visual), « auditives » (Aural/Auditory), « lues et écrites » (Read and write) ou « kinesthésiques » (Kinesthetic). Ce dernier item fait référence à l'apprentissage par l'expérience, qu'elle soit simulée ou réelle : les personnes qui préfèrent ce mode sont connectées à la réalité soit par des expériences personnelles concrètes, des exemples, la pratique ou la simulation (14). Flemming explique que, bien souvent, plusieurs profils en même temps peuvent être retrouvés chez une même personne mais qu'il existe aussi certains individus qui ne sont pas particulièrement prédominants dans un seul profil et qui alternent suivant les situations : ce sont les profils « multimodaux ».

Les études sur les méthodes d'apprentissage des étudiants en médecine utilisant ce questionnaire VARK sont nombreuses. En 2014, en Inde, la faculté de médecine a proposé le questionnaire VARK à 415 étudiants, retrouvant une majorité de profils « multimodaux » (68%). Les profils les plus représentés étaient les « auditifs » (45%) ainsi que les « kinesthésiques » (33%). Aucune corrélation n'a été retrouvée entre les profils cognitifs des étudiants et leurs résultats académiques (15). Les études plus récentes dans d'autres pays retrouvent des résultats similaires (16) (17). En revanche, on remarque une différences de résultats selon le cursus, ainsi, les étudiants infirmiers semblent présenter une nette prédominance de profils « kinesthésiques » (18) tandis que les internes en chirurgie digestive semblent être autant « visuels » que « kinesthésiques » (19).

La majorité des études décrivent les capacités d'apprentissage des étudiants (peu importe la classification utilisée) à un temps donné dans leur parcours universitaire et considèrent ces capacités

comme étant fixes. Or, au Canada, une étude s'est intéressé à l'évolution des profils d'apprentissage au fil du temps. La classification utilisée est *l'experiential learning theory* (ELT) de David Kolb (20) qui regroupe les étudiants suivant leurs capacités à « ressentir » ou « réfléchir » d'un côté et à « agir » ou à « regarder » de l'autre. Van Gaalen et al. ont démontré que les profils cognitifs initiaux des étudiants en médecine évoluaient pendant leur cursus. Les profils de type « regarder et réfléchir », majoritairement présents au début de l'étude se sont progressivement transformés entre la 3^{ème} et 7^{ème} année en « réfléchir et agir » Ce type de profil serait particulièrement sensible à l'apprentissage par l'expérience clinique réelle ou simulée (21).

2. L'apprentissage par le jeu

L'apprentissage par le jeu nous renvoie à l'enfance. C'est en partie à travers le jeu que l'enfant développe des aptitudes sociales, psychomotrices, cognitives, une maturité émotionnelle et l'acquisition suffisamment d'une confiance suffisante pour explorer de nouvelles expériences et de nouveaux environnements (22). Au-delà du divertissement et de l'activité sans contrainte, le jeu s'inscrit donc dans une démarche pédagogique.

Le jeu dans le règne animal n'a pas uniquement un but ludique : il est formateur (technique de chasse, de dissimulation), fédérateur (cohésion de groupe) et permet d'instaurer une hiérarchie de manière informelle au sein d'un même groupe (qui est le meneur ? qui sont les suiveurs ?). L'humain fait partie du règne animal et ne fait pas exception. De nombreux exemples se retrouvent dans l'histoire, Platon et Aristote évoquaient chez les enfants l'apprentissage de l'art de la guerre par le jeu (23). Au Moyen-Âge, le jeu était mal vu, synonyme d'oisiveté et de frivolité. Les jésuites ont réintégré le jeu à la renaissance qu'ils estimaient essentiel en pédagogie. Montaigne et Rabelais considéraient le jeu comme « une intervention nécessaire dans l'éducation des enfants » (24). Les jeux éducatifs se sont développés : le jeu de cartes a été inventé afin d'apprendre la logique en 1507, le puzzle a vu le jour lorsque le cartographe et graveur John Spilsbury a imaginé découper les cartes pour aider l'apprentissage de la géographie en 1760 (25)... Les inventions seront nombreuses et le jeu va connaître un véritable essor. Son statut pédagogique sera définitivement reconnu au XIX^{ème} siècle.

De nos jours, le jeu fait l'objet de nombreux écrits et théories. Selon Evelyne Vauthier, « le jeu possède de nombreux atouts : il motive l'élève, facilite sa concentration et son recours à la mémoire. Dans le jeu, l'élève est acteur, utilise et acquiert de nouvelles compétences (raisonnement, responsabilité, communication, travail d'équipe, respect...). Le jeu permet d'atténuer la crainte de l'échec et de l'erreur, l'élève est amené à se dépasser dans sa réflexion et sa concentration pour gagner ou faire gagner son équipe » (26). Dans notre société, le jeu est un socle d'apprentissage reconnu et encouragé chez l'enfant. A l'inverse, chez l'adulte, le jeu est surtout utilisé à des fins de divertissement mais très peu à visée pédagogique. Le clivage entre « apprentissage » et « jeu » est très présent dans notre société, la pédagogie par le jeu reste quasi-inexistante dans le cursus scolaire (au-delà de la maternelle), universitaire ou professionnel.

D. Les jeux sérieux

1. Les débuts et définition des jeux sérieux

Il existe de nombreuses définitions du terme « serious game » ou jeu sérieux en français. La plus synthétique est celle des concepteurs de jeux vidéo Chen et Michael en 2005 : « tout jeu dont la finalité est l'apprentissage ». Le serious game peut donc s'appliquer à de nombreux domaines : éducation, santé, publicité, communication, politique, défense... et s'appuyer sur tous types de support. La première apparition dans la littérature du terme « serious game » remonte aux années 1970 par Clark Abt (27) dans un livre du même nom dans lequel il présente l'intérêt des jeux numériques et non-numériques pour l'entraînement et l'éducation. Bien entendu, l'origine des jeux sérieux non numériques est bien plus ancienne. Le jeu d'échec peut être considéré comme un serious game non numérique car il allie le divertissement à l'enseignement de la guerre et remonte à plus de 1500 ans.

Il faudra attendre une trentaine d'années pour que le boom économique de l'industrie des jeux vidéo remette l'utilisation et le développement de jeux sérieux au premier plan. Depuis la fin des années 90, une proportion toujours plus importante de la population joue ou a joué aux jeux vidéo, d'abord sur

des consoles de jeux ou des ordinateurs, puis de plus en plus sur les téléphones ou les tablettes. Cette accoutumance aux jeux ne concerne pas seulement les jeunes ou les plus aisés mais touche toutes les tranches d'âges et toutes les classes socio-professionnelles. En France depuis 1999, l'âge moyen du joueur est passé de 19 à 34 ans et le pourcentage de joueur est passé de 20% à 51%. Le marché mondial du jeu vidéo connaît une croissance rapide depuis 2005. En 2019, il est estimé à 120 milliards de dollars (28) soit près de trois fois plus que celui du cinéma (42,5 milliards). Il semble donc logique que les industries de jeux vidéo ainsi que les chercheurs se soient mis à étudier comment un jeu vidéo pouvait être utilisé dans un but autre que le pur divertissement.

Les jeux sérieux se distinguent des jeux « ludo-éducatifs » apparus dans les années 1980-1990 qui sont rarement de véritables « jeux ». Ces logiciels convoquent en effet la thématique du jeu pour habiller des exercices en tentant de rendre les phases de travail ludiques en y ajoutant par exemple un personnage animé qui encourage l'enfant en le félicitant. Ces jeux se décomposent généralement en phases de travail sous forme d'exercices de mathématiques ou de français et en phases de « récompense » constituées de mini-jeux purement récréatifs. Le Dr Kellner, spécialiste en sciences de l'information et de la communication, explique que la conception de ces jeux s'inspire de théories cognitives type « béhavioriste » où le « jeu » est utilisé comme récompense suite à un « travail » de la part de l'apprenant. Mais elle souligne surtout le fait que l'enfant devant ce type de jeu n'est pas dupe : il arrive facilement à discerner s'il s'agit de travailler ou de jouer. Les enfants observés ont montré en effet une grande capacité à faire mentalement abstraction des phases de travail (allant jusqu'à les bâcler) pour se concentrer uniquement sur l'aspect ludique et récompense des phases de jeu. L'apport de ce type de jeu est donc très limité en terme d'apprentissage (29). Du fait, la plupart des concepteurs de serious game ont tenu compte des erreurs commises par leurs prédécesseurs et essayé d'associer avec cohérence apprentissage et jeu.

Un bon jeu sérieux serait donc un jeu capable de mélanger les dimensions sérieuses et ludiques de façon à ce qu'elles soient indiscernables. C'est l'approche revendiquée par Jean-Noël Portugal qui a participé à l'écriture de plusieurs serious games et théorisé sur le sujet (30). Un concepteur de serious game s'appuyant sur cette approche cherche à intégrer le contenu sérieux au sein des mécanismes de

jeu. S'il est bien réalisé, la réussite du joueur découle normalement de la compréhension du contenu sérieux.

Ainsi, une définition plus juste du serious game a été proposée par le Pr J. Alvarez (professeur en sciences de l'information et de la communication à Lille), il s'agirait d'un dispositif, numérique ou non, dont l'intention initiale est de combiner avec cohérence à la fois des aspects utilitaires (« serious ») tels, de manière non exhaustive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication ou encore l'information avec des ressorts ludiques issus du jeu, vidéoludique ou non (« game »). Cette définition peut être résumée par **serious game = scénario utilitaire + jeu (vidéo)**.

Un modèle de classification du serious game et du jeu vidéo a été élaboré en 2011 par l'équipe du Pr Alvarez. Appelé G/P/S, ce modèle s'appuie sur trois critères afin de prendre en compte les dimensions « ludique » et « sérieuse » des serious games (**Illustration 1**).

- **Gameplay** : ce critère porte sur la nature du jeu. Il classe en deux catégories : les jeux ou les jouets. Un serious game qui sera encadré et caractérisé par des règles et des objectifs établis à l'avance est un jeu. A l'inverse, lorsqu'aucun objectif n'est énoncé ou que les règles sont plus ou moins formelles, on qualifiera le serious game de jouet.
 - Exemple 1 : une simulation de construction de ville peut être qualifié de *jouet* car aucune règle précise n'est dictée. Il faut que le joueur construise une ville la plus viable possible, sans pour autant avoir de réelle fin, il n'y a ni perdant ni gagnant.
 - Exemple 2 : le jeu « america's army » (virtual heroes, 2002) est un serious game simulant un exercice de tir en vue subjective dans lequel le joueur incarne un soldat qui accomplit diverses missions. Il a été diffusé gratuitement par l'armée américaine afin de recruter de nouveaux soldats. Les règles des missions sont claires et à la fin d'une partie, une équipe est gagnante tandis que l'autre est perdante.

- **Permet de** : ce critère renseigne sur les fonctions visées par le jeu (fonctions non exclusives et pouvant se combiner) :

- Diffuser un message (éducatif, informatif, marketing...)
 - Dispenser un entraînement (physique ou cognitif)
 - Favoriser l'échange de données, la communication
- **Secteur** : ce critère informe sur le type de public et de marché ciblés par le jeu.

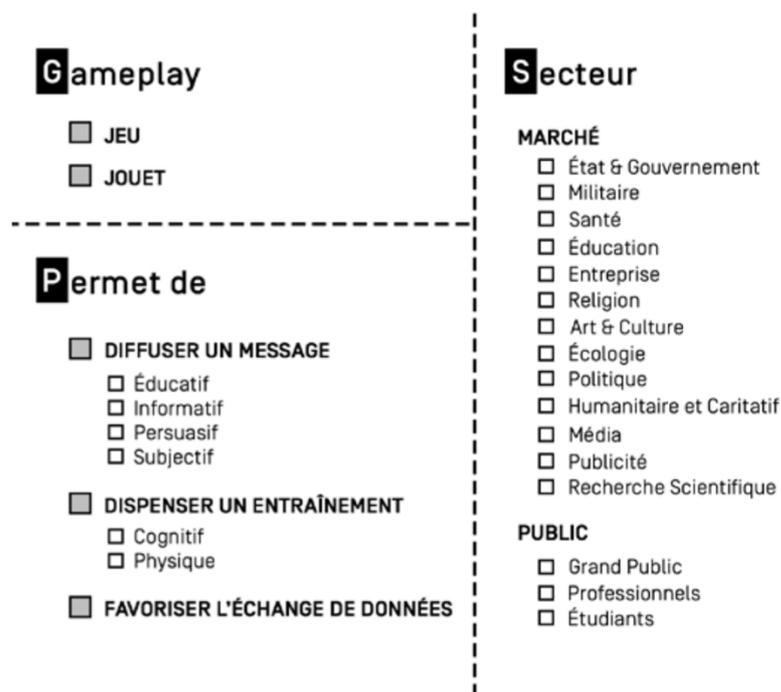


Illustration 1 : Classification G/P/S des serious games.

2. Les concepts associés : Serious Gaming et Gamification

a) Le Serious Gaming

Il est important de différencier « serious games » et « serious gaming ». L'expression « serious gaming » renvoie à toute utilisation d'un jeu à des fins autres que le simple divertissement, quelle que soit l'intention originelle de son concepteur. Le « serious gaming » englobe donc l'utilisation des « serious games » ainsi que les approches de « détournement vidéoludique », qui permettent à un jeu donné de servir des finalités sérieuses non anticipées par ses concepteurs. Le détournement des jeux dédiés au divertissement peut prendre deux formes : le serious diverting et le serious modding.

Le Serious diverting (ou “re-purposed game”) :

Le détournement de jeu s’opère uniquement par les usages. Il n’y a pas de modification de l’artefact en lui-même. Des jeux comme Angry Birds (Rovio, 2009) ou World of Warcraft (Blizzard, 2004) qui ont connus un immense succès commercial et semblent de prime abord éloignés des objectifs de l’école se prêtent à des détournements intéressants. Dans le jeu vidéo Angry Birds, le joueur doit projeter des oiseaux sur des cibles représentées par des cochons verts. Les oiseaux, tels des projectiles, décrivent des trajectoires qui respectent des lois physiques implémentées par les programmeurs du jeu. Il faut donc effectuer des tirs en cloche pour compenser la gravité et espérer atteindre les cibles. Angry Birds est utilisé en classe par John Burk, qui enseigne les sciences physiques à Atlanta aux États-Unis. Mr Burk capture dans un premier temps des vidéos de séquences de jeux et utilise le logiciel libre Tracker® dédié à l’enseignement de la physique. Ce logiciel permet d’importer des séquences vidéo, de les analyser et d’associer des modélisations informatiques. Avec cet outil, Burk obtient des courbes de déplacement des oiseaux. Il demande à ses élèves de lycée d’observer les séquences de jeu puis les courbes produites par Tracker® pour en déduire différentes lois régissant le mouvement des projectiles. En faisant appel à un jeu connu et apprécié de la plupart des élèves, l’enseignant capte plus facilement leur attention. Il peut la maintenir en utilisant également le jeu en phase d’entraînement : les élèves pourront être invités à jouer à Angry Birds en réduisant au maximum le nombre de tirs grâce aux formules de physique déduites précédemment.

Lucas Gillispie, enseignant de Caroline du Nord devenu expert en « digital learning », a pour sa part construit le projet WoWinSchool (31) autour du jeu World of Warcraft (ou « WoW »). Ce projet était destiné à des élèves décrocheurs de collège réunis sur le temps périscolaire. Il ciblait l’expression écrite, les mathématiques, la citoyenneté numérique et la sécurité sur Internet. Devant le succès qu’a remporté le projet, Gillispie a décidé d’en faire le cœur d’un cours d’« art du langage » au collège. Il commence à faire des émules aux États-Unis et au Canada où 12 établissements mettent en œuvre son projet. Gillispie propose à sa classe de former une guildes et de partir à la découverte du monde de WoW. Il aide tout d’abord ses élèves à créer leur avatar et cela est l’occasion d’aborder la caractérisation des personnages de fiction. Les guildes formées pour le cours font office de cercles de lecture : le livre étudié est choisi par le professeur qui en guide la découverte en demandant des repérages, des choix de

citations, etc. Ces activités de lecture servent de base à des discussions dans le jeu et débouchent sur un travail de rédaction : les élèves doivent tenir le journal de leur héros. Chaque nouvelle entrée dans le journal leur permet de gagner des points d'expérience dans le jeu. Les œuvres littéraires sont choisies notamment parce qu'elles abordent des thèmes qui les relient au scénario du jeu. Les élèves vont, par exemple, analyser le poème *Roads Not Taken* de Robert Frost au moment où ils doivent faire des choix importants pour la destinée de leurs personnages. Bien entendu, le *serious diverting* s'applique également aux jeux traditionnels ainsi qu'aux jouets. Anne-Marie Houillon, inspecteur d'académie et ancien directeur adjoint de l'IUFM de Bourgogne, montre ainsi dans *Le Jeu, coin central* (CRDP de Bourgogne, 1997) que la *dînette*, le jeu de la marchande ou les circuits de voitures, par exemple, peuvent servir à développer le langage et les compétences de socialisation chez les élèves de maternelle.

Le « Serious modding » :

Le *serious modding* (modification à visée sérieuse) est un outil de transformation d'un jeu, numérique ou non, pour lui assigner un nouvel objectif. Ces modifications peuvent concerner le design du jeu (environnement sonore, visuel...), son fonctionnement, ses objectifs, les mécaniques de jeu, l'ergonomie, le scénario, etc. Le « *modding* » est une pratique très répandue dans le monde du jeu vidéo. On y désigne par « *mod* » un jeu vidéo ainsi modifié ou un élément qui permet de modifier un titre existant. Les « *mods* » ne sont pas des jeux à part entière, ils modifient un jeu existant et nécessitent le jeu de base pour fonctionner. Ils peuvent prendre diverses formes : modifications graphiques (nouveaux objets, nouveaux avatars, amélioration du rendu graphique du jeu...), ajouts de nouveaux sons (bruitages, musiques...), propositions de niveaux de jeu modifiés (cartes personnalisées, objectifs de jeu modifiés, difficulté du jeu augmentée, etc.).

Le Réseau Ludus (32) à Caen est un site internet créé par des enseignants en histoire-géographie qui utilise le « *serious modding* ». Ils permettent de créer par exemple un *Cluedo* en version médiévale avec un plateau de jeu représentant différents lieux emblématiques du Moyen Âge (château, monastère, etc.). Les joueurs progressent dans le jeu en répondant à des questions qui concernent le lieu dans lequel ils se trouvent et leur permettant de cumuler des indices pour résoudre le meurtre. Ce « *serious modding* » permet aux enseignants d'évaluer en moins de deux heures les connaissances historiques de leurs étudiants dans les différents domaines enseignés en cours. Une autre fiche d'activité du site Réseau

Ludus propose d'utiliser le jeu *Diplomacy* avec des élèves de collège lors de séances interactives pour aborder les tensions entre puissances européennes à la fin du XIXe siècle. Ce jeu consiste à former des équipes, chacune d'entre elle représente ainsi une puissance militaire. L'objectif est clair : étendre sa domination par la négociation d'alliance. Afin de refléter le plus possible la complexité des conflits géopolitiques et rendre le jeu plus conforme à la réalité, les règles peuvent interdire certaines alliances ou encore obliger deux puissances à être en guerre.

b) Le concept de Gamification

La gamification ou ludification consiste à apporter des mécaniques de jeu à des objets ou des concepts qui en sont dépourvus à l'origine (à l'inverse du *serious game* qui associe une visée utilitaire à un jeu). À titre d'exemple, en Suède en 2010, une agence de communication a transformé une rampe d'escalier du métro de la capitale en un piano géant pour inviter les usagers à en gravir les marches et faire de l'exercice plutôt que d'emprunter l'escalier mécanique (33).

La gamification est utilisée notamment par les entreprises de télétravail ou de formation à distance. La Khan Academy, par exemple, propose une série de récompenses appelées « badges » que l'apprenant peut remporter à force de travail sur le site (34). Il doit par exemple : « *répondre correctement à 20 problèmes d'affilée* », « *se connecter et travailler 5 jours de suite* » ou encore « *répondre à une question posée par la communauté* ». Le principe est très similaire aux « bons points » distribués aux élèves à l'école primaire. Le total des badges remportés par l'apprenant est visible par la communauté de la Khan Academy et permet d'augmenter la motivation des apprenants, généralement seul derrière leur ordinateur. *Classcraft* est un excellent exemple de gamification dans le secteur éducatif (35). C'est une application créée en 2011 par un professeur de physique de Sherbrooke est directement inspirée de l'univers de *World of Warcraft*. Les élèves incarnent des personnages fantastiques différents dont les rôles sont complémentaires (guerrier, guérisseur, magicien, voleur etc.) et s'allient via un système de guildes. L'enseignant joue le rôle de maître du jeu, attribue ou retire des points suivant des règles précises. Ces points permettent aux étudiants de gagner ou de perdre des niveaux d'expérience. Le regroupement des élèves en guildes permet de favoriser l'esprit d'équipe et l'entraide. Ainsi pour un élève donné, gagner des points ou en perdre permet de faire progresser ou de pénaliser

l'ensemble de sa guilde. Shawn Young et Éric Sanchez ont montré qu'avec cette méthode il existe une nette diminution du nombre d'élèves retardataires, une plus grande motivation des élèves à l'idée de travailler (y compris le samedi pour les étudiants en retard scolaire) et une réelle effervescence de la part des étudiants dans l'accomplissement des tâches données (36). Il explique simplement ce phénomène : les comportements négatifs ou positifs d'un élève se répercutant sur d'autres individus que lui-même, l'élève se sent donc plus responsable de ses actions et en mesure davantage les conséquences. Cet exemple de gamification renforce les logiques collaboratives, valorise les comportements positifs et régule les attitudes perturbatrices.

3. Avantages pédagogiques des serious games

D'après l'ouvrage du Pr ALVAREZ (37), certaines conclusions pédagogiques reviennent régulièrement au fil des études :

La motivation des apprenants : Ce facteur ne tient pas uniquement à la « nouveauté » que confère l'introduction d'une nouvelle manière d'apprendre. Quelques études sur les serious games évalués sur le long terme retrouvent un gain de motivation persistant par rapport à une méthode classique. Le projet DANT (38) en Italie a permis la création d'une collection de jeux vidéo éducatifs pour l'apprentissage des mathématiques et de l'italien. Ces jeux ont été évalués pendant 4 ans auprès de dix mille élèves et mille enseignants. L'étude a comparé les connaissances des élèves ayant utilisé ces jeux à ceux d'un groupe contrôle. Les étudiants ayant joué aux serious games pendant l'année ont présenté en moyenne 2 points de plus en mathématiques et 3,5 points de plus en italien par rapport au groupe contrôle aux examens finaux. De plus, un tiers des enseignants ayant participé à l'étude ont fait remonter une augmentation significative de motivation et 30% des étudiants ayant accès aux serious games les ont aussi utilisés à la maison comme outil de révision à part entière.

Apprendre par essais et erreurs : Le serious game est un espace d'expérimentation dans lequel l'étudiant est invité à exercer ses capacités de réflexion. L'apprenant construit mentalement une « hypothèse » avant de la mettre en application dans le serious game. De cet essai peut résulter une

erreur, permettant à l'étudiant de recommencer en affinant son « hypothèse ». Ce processus d'apprentissage par tâtonnement est notamment retrouvé dans le serious game *Chronocoupe* (39) (40), jeu inventé par Eric Sanchez, permettant aux joueurs de charger des images de coupes géologiques et de pouvoir les modifier par différents phénomènes géologiques. Lors de l'essai sur un groupe de terminales, l'objectif à atteindre était de reproduire via ces différents phénomènes géologiques des images de coupes géologiques précises. Le chercheur a observé différents comportements selon les élèves mais le plus fréquent était l'apprentissage par l'erreur. Après quelques essais infructueux, la plupart des élèves ont acquis une stratégie commune : ils ont longuement consultés l'image cible puis ont lancé une série de cinq ou six phénomènes permettant de reproduire l'image cible du premier coup. C'est l'apprentissage par essais et erreurs.

La différenciation pédagogique : Un serious game peut permettre à l'enseignant à prendre en compte les différences de rythme d'apprentissage entre les élèves d'un même groupe. Chaque élève peut progresser à son rythme. Dans le jeu *Chronocoupe* étudié par E. Sanchez, certains élèves parviennent à reproduire l'image en peu d'essais tandis que d'autres seront plus lents à atteindre les mêmes objectifs. Cette différence de rythme n'a eu aucun impact négatif sur les apprenants : l'activité étant « auto-corrective », les élèves n'avaient pas à se soucier du regard des autres.

La stimulation des interactions pédagogiques entre apprenants : Les interactions pédagogiques entre les étudiants sont stimulées par les serious games. Les serious games en équipe ou axés sur la coopération en sont les témoins les plus évidents. *The Lure of the Labyrinth* (41) est un serious game dont l'objectif est l'apprentissage des mathématiques. L'apprenant crée un avatar et doit résoudre de petits jeux simples demandant de mobiliser des connaissances fondamentales en mathématiques. Ce serious game est en multijoueur et permet aux étudiants de créer de courts guides à l'attention des autres joueurs pour les aider à résoudre les énigmes du jeu. Ce jeu expérimenté par une enseignante américaine sur sa classe a permis d'observer une forte collaboration entre élèves ainsi qu'une amélioration de l'entente : ils se félicitaient en cas de succès ou s'encourageaient en cas d'échec.

Offrir des représentations concrètes : Certains élèves montrent des difficultés pour assimiler des notions abstraites. Certaines notions enseignées à l'école ou en faculté sont difficiles d'intégration car éloignées de leur quotidien.

4. Limites pédagogiques des serious games

Malgré les nombreuses qualités du Serious Game, ce mode d'enseignement ne se révèle pas comme un outil d'apprentissage efficace à chaque situation.

L'utilisation non pertinente du Serious Game : Un jeu sérieux nécessite un contenu de qualité en rapport avec un objectif précis d'apprentissage. Il est toujours difficile d'évaluer la pertinence d'un outil pédagogique de manière formelle. Une lacune ou un objectif pédagogique identifiés par un enseignant ne relèvera pas forcément de la nécessité de création d'un serious game.

L'absence d'intégration du jeu sérieux à une démarche pédagogique : Yvan Hochet a montré qu'un serious game mis à disposition pour les étudiants n'avait aucun impact sur l'apprentissage des élèves (42). Un serious game ne remplace donc pas un enseignant et sera d'autant plus efficace que celui-ci l'intégrera dans son cours. La place de l'enseignant est essentielle : il permet de faire comprendre aux étudiants le lien entre l'enseignement théorique et le jeu, de contextualiser le jeu dans le programme pédagogique.

Les limites matérielles et logistiques : Au-delà du travail de l'enseignant, un serious game sous-entend un ordinateur ou une console. Si l'étudiant n'en possède pas, il faut que l'établissement puisse lui en prêter. L'achat de logiciel ou de matériel représente un coût. Ces différents facteurs peuvent grandement limiter leur utilisation au sein d'un établissement d'enseignement.

5. Serious games en médecine, état de l'art.

Les serious games sont de plus en plus présents dans le paysage médical, la cadence de publication dans la littérature scientifique est en constante augmentation (1,3 articles/an dans les années 2000 pour 31,8 articles/an en fin 2018) (1). Comme nous l'avons vu précédemment, la compétence médicale et son développement sont indissociables de l'expérience du praticien. Les simulateurs de patients virtuels et les jeux sérieux offrent la possibilité d'enseigner et d'acquérir cette expérience via des scénarii de situations cliniques qui peuvent être difficiles à reproduire au quotidien (car trop rares ou nécessitant beaucoup de ressources). Ainsi les étudiants peuvent apprendre et faire face aux conséquences de leurs décisions sans mettre en jeu la vie d'un véritable patient. Dans le cas de la médecine, le coût du simulateur peut ainsi être largement compensé par le temps gagné par l'apprenant et l'évaluateur en terme de formation mais aussi par l'amélioration des compétences de l'étudiant évitant des erreurs coûteuses en terme de santé publique.

a) Les serious games au service de la chirurgie

L'apprentissage chirurgical est une étape longue et cruciale pour tout interne de chirurgie. En France, cette formation passe par l'apprentissage de l'anatomie, par la connaissance des indications opératoires, par la mémorisation théorique des étapes chirurgicales, par leur réalisation pratique et par la gestion des suites opératoires et des complications. L'ensemble de cet enseignement chirurgical se fait grâce au compagnonnage lors de stages à l'hôpital pendant lesquels les chirurgiens plus expérimentés enseignent et partagent leurs connaissances aux plus jeunes.

Avant même de parler de réels serious games, il a été démontré que la pratique régulière du jeux-vidéo améliorerait la visualisation spatiale et la coordination oculomotrice des joueurs (43) (44). La chirurgie étant un domaine dans lequel ces compétences doivent être travaillées et acquises, de nombreux logiciels à visée pédagogique autour de la discipline ont fait leur apparition. En 2008, l'équipe du Dr Lars Fischer du département de chirurgie de Heidelberg en Allemagne compare les connaissances anatomiques de la région hépatique de 410 étudiants randomisés en trois groupes : un groupe logiciel 3D, un groupe logiciel 2D et un groupe d'enseignement classique seul. Le groupe 3D obtient de biens

meilleurs résultats ($p < 0,001$) que le groupe 2D, lui-même significativement meilleur que le groupe classique (45). En 2013, une équipe italienne démontre que jouer une heure par jour à la console Nintendo® Wii™ pendant un mois permet aux internes de chirurgie d'être significativement meilleurs que le groupe contrôle aux épreuves de coordination et au simulateur de cholécystectomie en laparoscopie (46).

De même, de nombreux serious games ont été créés autour du bloc opératoire. En 2016, le département de Chirurgie de l'*Academic Medical Center* d'Amsterdam dévoile Dr Game, Surgeon Trouble®, un serious game reproduisant des situations problématiques fréquentes au bloc opératoire ainsi que les réflexes à avoir dans ce genre de situation (désaturation peropératoire, dysfonction de l'électro-coagulation, fuites de gaz etc.). Dans une promotion de 24 internes de chirurgie, la pratique d'une heure de jeu suffit à montrer une différence significative entre le groupe jeu et le groupe contrôle dans la rapidité et la gestion de ces situations problématiques (47). Concernant l'acquisition des compétences techniques, les serious games montrent des résultats très encourageants. L'équipe de Patrick Haubruck et al. Dévoile un serious game nommé Touch Surgery®. C'est une application mobile permettant de se familiariser avec la pose d'un drain thoracique. Les étudiants ayant joué à ce jeu se révèlent être beaucoup plus autonomes, plus rapides, plus efficaces et plus à l'aise lors de la réalisation de ce geste par rapport au groupe contrôle (48).

b) Les serious games au service de la médecine d'urgence et de catastrophe

La médecine de catastrophe est définie comme « la science pour l'analyse et le développement de la méthodologie nécessaire pour gérer les situations où les ressources disponibles sont insuffisantes face aux besoins médicaux immédiats » (49). Ce concept de médecine de catastrophe retrouve ses origines dans l'armée dès l'époque gréco-romaine, elle s'est améliorée au fil des siècles et elle a fortement évolué pendant les deux guerres mondiales. En France, de nombreux diplômes de formations à la médecine de catastrophe ont vu le jour. Les exercices grandeur réelle de situation catastrophique sont très complexes à organiser et nécessitent des ressources matérielles, humaines et financières considérables. La simulation et les serious games semblent donc des outils adaptés pour l'entraînement

à la gestion de ces situations particulières. En 2009, sous l'initiative du Pr Lennquist, est créé le MACSIM® (pour *Mass-Casualty Simulation*). Cet exercice de simulation permet de tester la préparation, l'organisation et la qualité de performance en cas de situation sanitaire exceptionnelle. Testée scientifiquement, elle augmenterait les compétences des équipes pré-hospitalières de 74%, intra-hospitalières de 65% et de 81% pour les équipes administratives ($p < 0,001$). Actuellement, le MACSIM® est la méthode de simulation de référence en formation MRMI (*Medical Response for Major Incident*).

c) Les serious games au service du raisonnement clinique médical

Il est prouvé que l'utilisation de serious game est un outil important lorsqu'il est associé à un enseignement classique (50) (51). Certaines études ont même mis en balance apprentissage classique versus apprentissage par serious game. Au Brésil en 2019, un serious game met le joueur dans le rôle d'un médecin traitant dans une petite ville virtuelle qui visite à domicile des patients présentant différents tableaux cliniques. Les étudiants en médecine qui n'ont pas eu de cours théoriques et qui ont joué à ce jeu sérieux montrent une plus grande acquisition des connaissances théoriques immédiates comparativement à l'enseignement classique, mais surtout une plus grande motivation à l'idée de travailler et de s'entraîner (52). Des résultats similaires sont retrouvés dans d'autres études récentes (53) (54). La plupart des serious games médicaux sont évalués sur des étudiants mais la population cible peut être différente. Une récente étude française a évalué l'utilité d'un serious game chez les médecins généralistes. Dans ce jeu appelé *Hygie*®, les participants étaient confrontés aux motifs de consultation les plus fréquents en médecine générale (hypertension, dyslipidémie, fièvre, rhinopharyngite et prévention primaire), chaque situation était suivie d'une mise au point rapide selon les dernières recommandations nationales. Même si aucune différence n'a été retrouvée entre le groupe jeu et le groupe contrôle au niveau des acquisitions théoriques, on retrouve chez les médecins généralistes un réel engouement quant à cette possibilité de formation à distance (55). Si les serious games ne sont pas toujours supérieurs dans leurs capacités d'acquisition théorique des connaissances, ils peuvent être en revanche de bonnes options de formation continue du fait de leur accessibilité.

d) Les serious game au service du patient

L'intérêt des serious games en médecine ne se limite pas uniquement à la formation continue du personnel médical, ils présentent également une utilité prouvée chez les patients. En 2020, l'équipe de Guesta-Gomez et al. a montré que l'ajout de serious games (couplés à la réalité virtuelle) lors de la rééducation permettait une récupération significative des membres supérieurs chez des patients atteints de sclérose en plaque par rapport à la prise en charge standard par kinésithérapie seule (56). De la même manière, les serious games offrent des perspectives encourageantes en matière de prévention primaire au sein de la population. Une étude allemande a permis la création d'un serious game permettant aux enfants et à leurs parents de participer à des sessions de jeux vidéo axées sur la nutrition et l'exercice physique. Les résultats montrent une plus grande compréhension de la part des participants des besoins nutritionnels et de l'importance d'une activité sportive régulière par rapport au groupe contrôle qui a reçu la brochure d'informations habituellement distribuée (57). Le serious game semble donc être une option valable dans l'arsenal de prise en charge du patient et pourrait donc s'intégrer dans les programmes d'éducation thérapeutique.

II. Matériel et méthode :

En plus de l'enseignement facultaire habituel, nous avons donc souhaité créer un serious game et en évaluer l'intérêt pédagogique auprès des étudiants en médecine. La prise en charge des vertiges aigus est particulière compte tenu de l'importance de l'interrogatoire et de la richesse sémiologique qui s'y rattache. Il nous a donc semblé pertinent d'élaborer un jeu sérieux dans ce domaine.

A. Objectif de l'étude

1. Objectif principal

L'objectif principal de l'étude était d'évaluer l'intérêt pédagogique d'un serious game en ORL sur la thématique du vertige aigu dans une population d'étudiants de 4^{ème} année de médecine en plus de l'enseignement traditionnel (cours magistraux, apprentissage autonome via référentiels nationaux et e-learning mis à disposition par la faculté). Nous avons donc évalué l'amélioration des connaissances

théoriques sur le vertige en ORL chez les étudiant ayant réalisé le serious game (groupe test) par rapport à ceux ne l'ayant pas fait (groupe contrôle) à 4 semaines.

2. Objectifs secondaires

Les objectifs secondaires de l'étude étaient d'étudier les bénéfices apportés par le serious game selon le niveau initial de l'étudiant, de rechercher une potentielle corrélation entre sensation de progression subjective de l'étudiant et l'amélioration de ses résultats au questionnaire de connaissance, d'analyser de potentiels liens entre les bénéfices du serious game et l'âge, le cursus et la réalisation ou non d'un stage en ORL, et enfin évaluer la satisfaction des étudiants.

B. Schéma de l'étude

Il s'agissait d'une étude prospective, comparative et monocentrique. La population étudiée était la promotion d'étudiants en médecine en quatrième année (année du Diplôme de Formation Approfondie en Sciences Médicales 1 ou DFASM1) de Bordeaux pendant l'année universitaire 2020/2021. Après recueil de leur consentement à la participation de cette étude, un questionnaire d'évaluation des connaissances (**Annexe 1**) leur a été adressé. Les étudiants ayant rempli ce questionnaire ont été randomisés en deux groupes : un groupe test qui a réalisé le Serious Game et un groupe contrôle qui ne l'a pas réalisé. Puis le même questionnaire de connaissance a été de nouveau distribué à tous ainsi qu'un questionnaire de satisfaction pour le groupe test. (**Figure 1**)

L'accès au serious game a été donné à l'issue de l'étude aux étudiants du groupe contrôle par soucis d'équité.

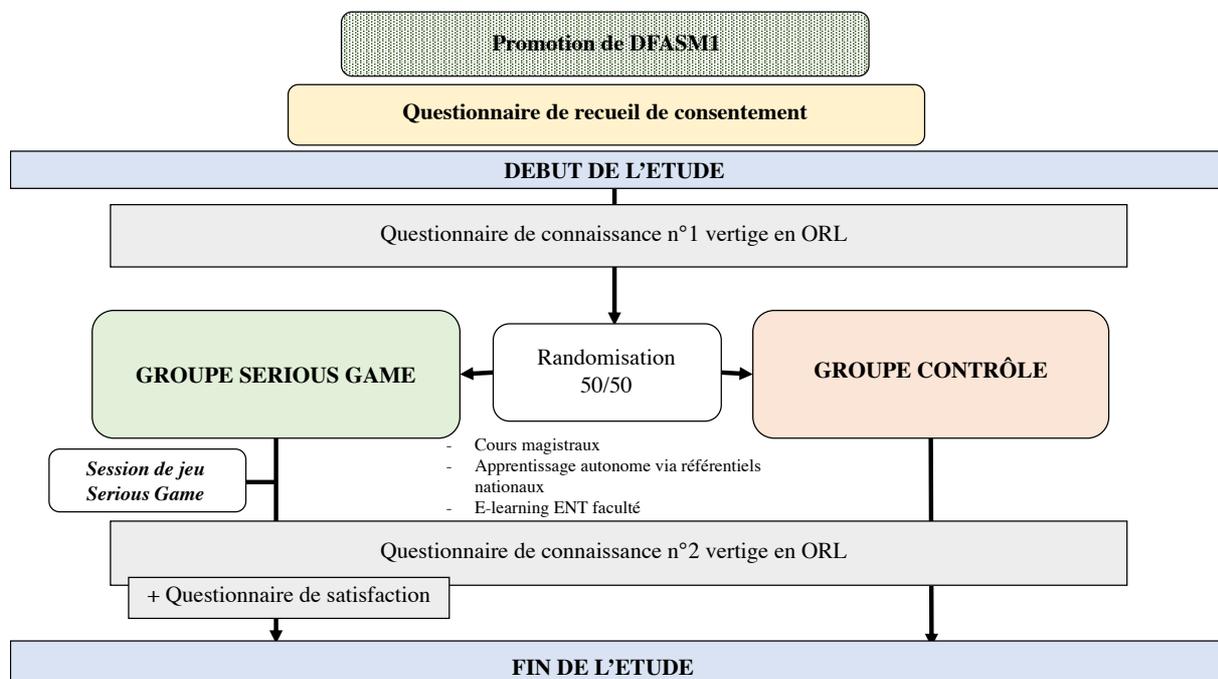


Figure 1 : Schéma de l'étude

La promotion de DFASMI de 408 étudiants était divisée en 4 groupes d'une centaine d'étudiants. Sur l'année scolaire, chaque groupe étudiait le module ORL successivement pendant deux mois. Les différentes étapes de l'étude (recueil du consentement, première soumission au questionnaire de connaissance vertige ORL, randomisation, réalisation du serious game pour groupe test et deuxième soumission au questionnaire de connaissance) ont donc été répétées quatre fois au total.

Chronologiquement, l'étude était réalisée de la manière suivante (**Figure 2**) :

- Recueil de consentement à l'étude pendant les jours avant le début de l'étude.
- Début de l'étude marquée par l'envoi du questionnaire de connaissance. Recueil des résultats du questionnaire pendant une semaine.

A noter : les cours magistraux sur le vertige en ORL étaient toujours dispensés avant le début de l'étude afin que les étudiants aient accès aux bases facultaires avant le début de l'étude.

- Randomisation des étudiants.
- Accès au jeu serious game pour le groupe test pendant une semaine.

- Nouvel envoi du questionnaire de connaissance aux deux groupes (test et contrôle) quatre semaines après phase de jeu. Recueil des résultats du second questionnaire pendant une semaine.

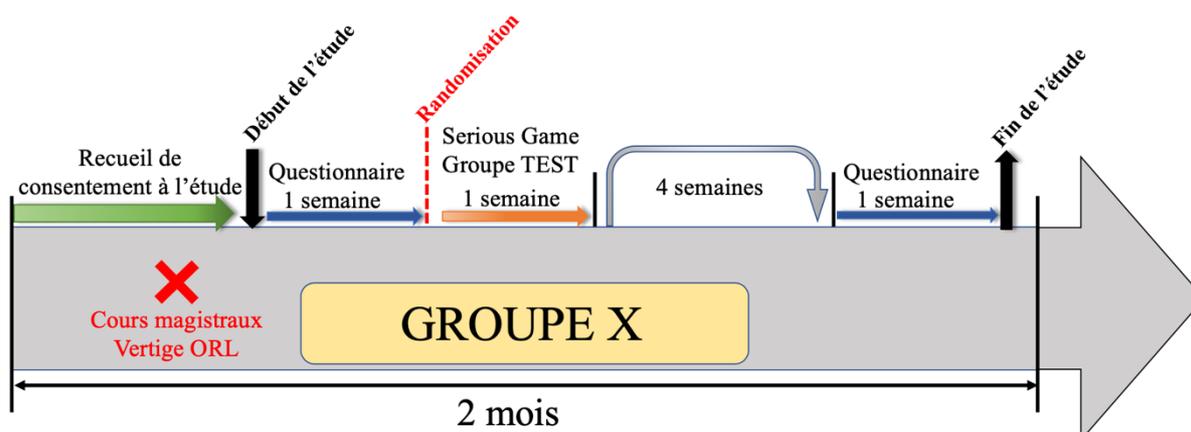


Figure 2 : Déroulement de l'étude sur deux mois. Ce schéma a été reproduit pour chacun des 4 groupes d'étudiants de la promotion de DFASM1.

C. Autorisations légales

L'objectif, le format ainsi que les modalités de réalisation de l'étude ont été présentés à la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) ainsi qu'au comité d'éthique de Bordeaux.

- Une procédure simplifiée de type MR-004 a été obtenue auprès de la CNIL, les conditions essentielles à la validation de cette procédure étaient :
 - o Information individuelle et par écrit des étudiants.
 - o Collection des données strictement nécessaires et pertinentes à l'étude.
 - o Anonymisation des données et utilisation des données uniquement par des moyens indirectement identifiables.
- Un avis favorable a été donné par le Comité d'Éthique de Bordeaux par le Dr Thibaud Haaser, médecin radiothérapeute et Docteur en Ethique Médicale au CHU de Bordeaux. La première condition à cet avis favorable était que tous les étudiants inscrits dans l'étude aient accès à la simulation par Serious Game qu'ils aient été dans le groupe test ou dans le groupe contrôle. La

seconde condition était que cette étude n'ait aucun impact sur la validation de leur année universitaire.

Afin d'avoir accès à l'ensemble de la liste des étudiants inscrits en DFASM1, une demande précisant les modalités et l'objectif de l'étude a été formulée auprès du doyen de la faculté (Monsieur le Professeur DUBUS Pierre) et du vice-doyen (Monsieur le Professeur Patrick DEHAIL). Tous deux ont donné un avis favorable à la réalisation de cette étude et ont autorisé l'accès à la liste des étudiants ainsi qu'à leurs adresses mails facultaires.

D. Modalités d'entrée dans l'étude

Pour recruter les participants à l'étude, un mail a été envoyé à l'ensemble des 408 étudiants de la promotion de DFASM1. Ce mail contenait les informations détaillées de l'étude, l'objectif ainsi que les modalités d'évaluation des étudiants. Nous avons insisté notamment sur l'absence de conséquence concernant la validation de leur année universitaire, sur la garantie de l'anonymisation des données récoltées et sur l'absence de recueil de données dites « sensibles » (selon la CNIL, les données sensibles sont des « informations qui révèlent la prétendue origine raciale ou ethnique, les opinions politiques, les convictions religieuses ou philosophiques ou l'appartenance syndicale »).

Dans ce premier mail, un questionnaire de participation et d'autorisation d'entrée dans l'étude via Google Form® a été proposé. Nous leur avons demandé également leur année de naissance, leur sexe, le mode d'accès à l'année DFASM1 (parcours classique ou passerelle), s'ils étaient redoublants de l'année DFASM1 et s'ils étaient déjà passés en stage dans le service ORL au CHU de Bordeaux.

E. Critères d'inclusion

Dans cette étude, les critères d'inclusion définis étaient :

- Étudiant en quatrième année de médecine dans la promotion de DFASM1 concerné par le module neurosensoriel qui inclut l'enseignement de la spécialité oto-rhino-laryngologie.
- Majeur

F. Critère d'exclusion

Le principal critère d'exclusion défini a été le redoublement de l'année universitaire DFASM1. En effet, nous avons estimé qu'une double année de DFASM1 risquait d'entraîner un biais dans notre étude car les cours magistraux ainsi que les cours théoriques auront été appris plusieurs fois sur deux années consécutives au minimum.

G. Outil étudié : la simulation en Serious Game

1. Création du jeu Serious Game, un vertige brutal

La réalisation du cas clinique virtuel par simulation a été réalisé en association avec l'entreprise Sim For Health (**Figure 3**). Cette entreprise située à Bordeaux (33000) est spécialisée dans la création de plateformes de simulation en santé, adressées aux différents agents de santé médicaux et paramédicaux.



Figure 3 : Présentation en ligne de l'entreprise Sim For Health.

Après rencontre avec la société, l'écriture des scripts des cas cliniques a pu être débutée en février 2019. Le polycopié national du référentiel du collège d'ORL, item 101 – Vertige, a servi de référence dans la conception de ces cas pour l'ensemble des données cliniques et paracliniques.

Initialement, nous avons réalisé trois cas cliniques concernant les vertiges les plus typiques de l'ORL inscrits au programme de l'étudiant en médecine : le vertige positionnel paroxystique bénin, la névrite (ou neuronite) vestibulaire et la maladie de Ménière. Pour la réalisation de cette étude, nous avons décidé de ne présenter aux étudiants qu'un seul cas clinique : nous avons donc sélectionné le cas clinique de la neuronite vestibulaire.

Après validation du script par le Pr FRANCO (PU-PH ORL CHU Pellegrin à Bordeaux), nous avons débuté la conception de l'avatar et du scénario du Serious Game. La patiente présentée était une jeune femme de 25 ans, sans antécédent particulier, qui consultait aux urgences pour l'apparition d'un grand vertige rotatoire unique de plusieurs heures. Le but principal de ce jeu sérieux était d'apporter à l'étudiant une immersion la plus réaliste possible de ce que sont : l'interrogatoire du patient, son examen clinique, le cheminement intellectuel qui amène à prescrire ou non certains examens complémentaires, le diagnostic ainsi que la thérapeutique. Notre cas clinique était scindé en quatre situations :

- **Situation n°1** : Arrivée aux urgences de la patiente en phase aiguë de la pathologie (**Figure 4**).
- **Situation n°2** : Visite en chambre de la patiente hospitalisée le lendemain de son arrivée (**Figure 5**).
- **Situation n°3** : Consultation ORL quelques jours après la sortie d'hospitalisation (**Figure 6 et 7**).
- **Situation n°4** : Nouvelle consultation ORL de la patiente qui présente son fils souffrant de vertiges rotatoires sur cholestéatome.

Lors de la réalisation du Serious Game, l'étudiant avait accès à plusieurs étapes : interrogatoire, examen clinique, prescription d'examens complémentaires, diagnostic et prise en charge. Ces différentes parties étaient séparées de questions à choix multiples concernant l'étape précédente.



Figure 4 : Situation n°1, arrivée aux urgences pour syndrome vertigineux.



Figure 5 : Situation n°2, patiente hospitalisée en service.

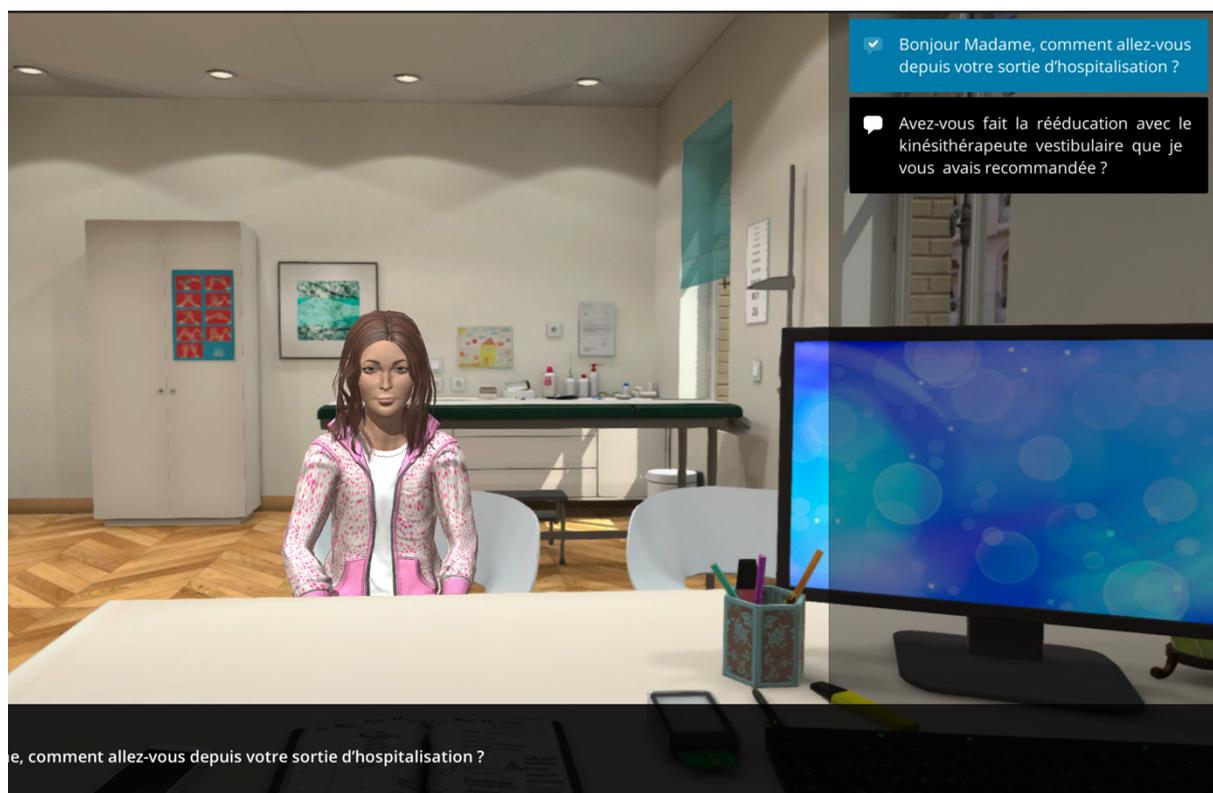


Figure 6 : Situation n°3, consultation de suivi de la patiente après sortie d'hospitalisation.



Figure 7 : Examen clinique de la patiente lors d'une consultation de suivi.

a) Le dossier médical du patient

Le terrain du patient est un élément important dans l'orientation étiologique d'un vertige. Nous avons donc souligné ce point en introduisant dans le dossier médical (**Figure 8**) du Serious Game les éléments importants typiques orientant vers une origine périphérique ou à l'inverse, ceux faisant suspecter une origine centrale :

- L'âge
- Les antécédents médicaux (diabète), chirurgicaux (otologiques notamment) ainsi que les facteurs de risques cardio-vasculaires.
- Les constantes (tension artérielle, fréquence cardiaque et l'oxymétrie sanguine).
- Prises médicamenteuses potentiellement oto-toxiques ou hypoglycémiantes.
- La profession et l'exposition au bruit.

Ce dossier médical était accessible à tout moment mais sa lecture n'était pas obligatoire.

DOSSIER PATIENT	
PROFIL PATIENT	
Claire Laville Femme	
Age	25 ans
Taille	165 cm
Poids	62 kg
Périmètre abdominal	
IMC	22
Profession	
Statut marital	Célibataire
Enfants	1 enfant (5 ans)

Figure 8 : Capture d'écran du dossier médical interactif du patient.

Ce dossier médical se modifiait régulièrement en fonction des traitements ou des prises en charge qui étaient introduits au fil de l'exercice de simulation.

b) L'interrogatoire

Les questions de l'interrogatoire étaient déjà pré-établies et à la disposition de l'étudiant. Elles étaient disponibles à partir d'un menu déroulant. Le nombre de questions qu'il pouvait soumettre au patient n'était pas limité.

- Le *caractère rotatoire* de ces vertiges : « avez-vous l'impression que le décor tourne autour de vous ou est-ce vous qui vous déplacez sans le vouloir par rapport au décor ? »
- La *causalité* potentielle de l'oreille interne par la survenue d'un acouphène ou une surdité : « Avez-vous l'impression d'avoir une oreille responsable de cette sensation vertigineuse ? » « Entendez-vous un bruit aigu ou sourd d'un côté, un acouphène ? » « Avez-vous l'impression d'entendre moins bien d'un côté ? ». Ainsi que la *chronologie* de ces signes par rapport à l'épisode vertigineux.
- La *durée* des crises ou de l'épisode : « Pendant ces moments de vertiges rotatoires, combien de temps durent-ils ? Quelques secondes ? Quelques heures ? Plusieurs jours ? »
- Le caractère *répétitif* des crises : « Est-ce la première fois que cela vous arrive ? » « Avez-vous déjà fait des épisodes comme celui-ci auparavant ? »
- Les *facteurs déclenchants* : « Avez-vous remarqué des positions ou des mouvements qui déclenchent ces crises vertigineuses ? »
- La *modalité de survenue* de la crise : « Avez-vous l'impression que cet épisode s'est déclenché de façon brutale ou progressive ? »

Certaines questions considérées comme les « red flags » de l'interrogatoire, c'est-à-dire les signes d'alarme devant faire suspecter une origine centrale faisaient partie de cette liste :

- La recherche d'un *syndrome neurovégétatif* associé : « Avez-vous des nausées ou des vomissements pendant ces vertiges ? ».
- Les *vertiges blessants* ou responsables de chute
- La perte de connaissance ou l'amnésie de l'épisode
- La notion d'un *traumatisme crânien* ancien ou récent

L'ensemble de ces questions phares ont donc été introduites dans l'interrogatoire dans un dialogue interactif déroulant. L'étudiant pouvait donc cliquer sur les questions à poser et la patiente y répondait en conséquence. Afin de maximiser l'immersion, le dialogue était en audiovisuel avec sous-titrage (Figure 9).



Figure 9 : Capture d'écran de l'étape interrogatoire du serious game avec dialogue interactif déroulant avec sous titrage audio-visuel.

c) Examen clinique

Toujours dans l'idée de rendre l'examen clinique du patient le plus immersif possible pour l'étudiant, nous avons fait modéliser les différentes manœuvres classiques réalisées dans l'examen du patient vertigineux (Figures 10 à 13). L'ensemble de ces manœuvres ont été réalisées conformément à leurs descriptions dans le référentiel du collège national de neurologie (58). Afin de créer une base de données réutilisable à volonté, nous avons donc fait en sorte que l'avatar simule les différents signes cliniques du patient sain mais également du patient souffrant de pathologie vertigineuse, qu'elle soit d'origine centrale ou périphérique.



Figure 10 : Captures d'écran de l'animation de l'avatar en train de réaliser la marche en étoile, déviation progressive de la patiente vers la gauche.



Figure 11 : Captures d'écran de l'animation de différentes manœuvres de Romberg réalisées par l'avatar.

Image centrale : Romberg non pathologique.

Image de droite : Romberg pathologique avec embardées latérales gauches.

Image de gauche : Romberg pathologique avec embardées latérales droites.



Figure 12 : Captures d'écran de l'animation de la manœuvre des index. L'avatar tend les index devant elle et ferme les yeux.

Image de gauche : Manœuvre non pathologique.

Image centrale : Déviation gauche.

Image de droite : Déviation droite.

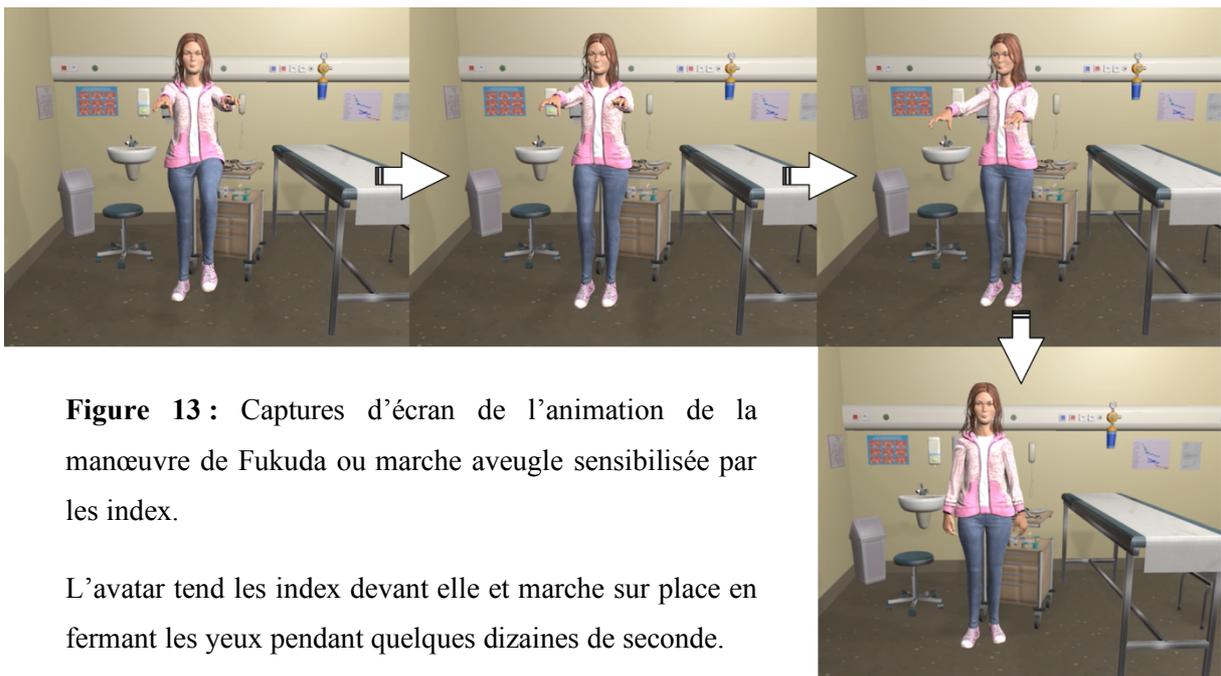


Figure 13 : Captures d'écran de l'animation de la manœuvre de Fukuda ou marche aveugle sensibilisée par les index.

L'avatar tend les index devant elle et marche sur place en fermant les yeux pendant quelques dizaines de seconde.

Le contrôle otoscopique, la recherche du nystagmus et l'examen neurologique dans sa globalité sont des éléments que nous avons tenu à présenter dans ce serious game. Pour ce faire, un otoscope ainsi qu'un appareil de vidéo-nystagmoscopie (VNS) ont été disposés sur la table d'examen (**Figure 14**). En cliquant dessus, l'étudiant avait accès à des informations cliniques complémentaires. Cette manière de faire permettait de laisser le choix à l'étudiant de contrôler ou non ces éléments. En cas d'oubli, les questions qui concernaient ces données cliniques rappelaient à l'étudiant de retourner à l'examen clinique afin de trouver les bonnes réponses. L'examen neurologique était simplement renseigné par une annotation « le reste de l'examen neurologique est sans anomalie ».

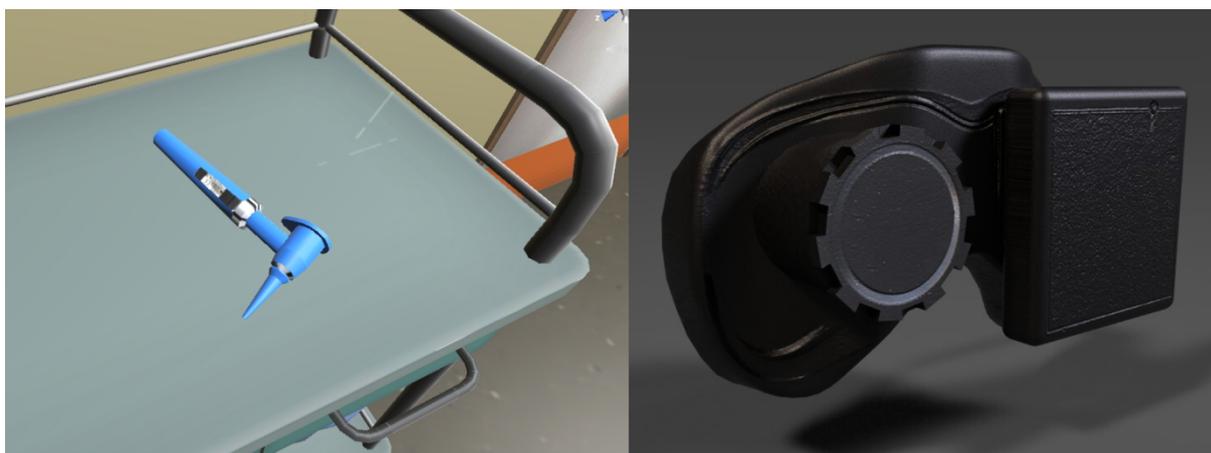


Figure 14 : modélisation de l'otoscope (à gauche) et de l'appareil de vidéo-nystagmoscopie (à droite).

La visualisation d'un audiogramme du patient a été également rendue possible par un onglet « audiogramme » lors de l'examen clinique. Les audiogrammes ont été réalisés avec le logiciel Excel® et avec la nomenclature européenne (**Figure 15**). Les audiogrammes étaient en adéquation avec la pathologie présentée dans le cas clinique. Pour exemple, dans le cas clinique de la neuronite vestibulaire, un audiogramme normal de la patiente a été présenté aux étudiants, permettant d'insister sur l'absence d'atteinte cochléaire dans cette pathologie ainsi que sur la remise en cause du diagnostic dans le cas contraire.

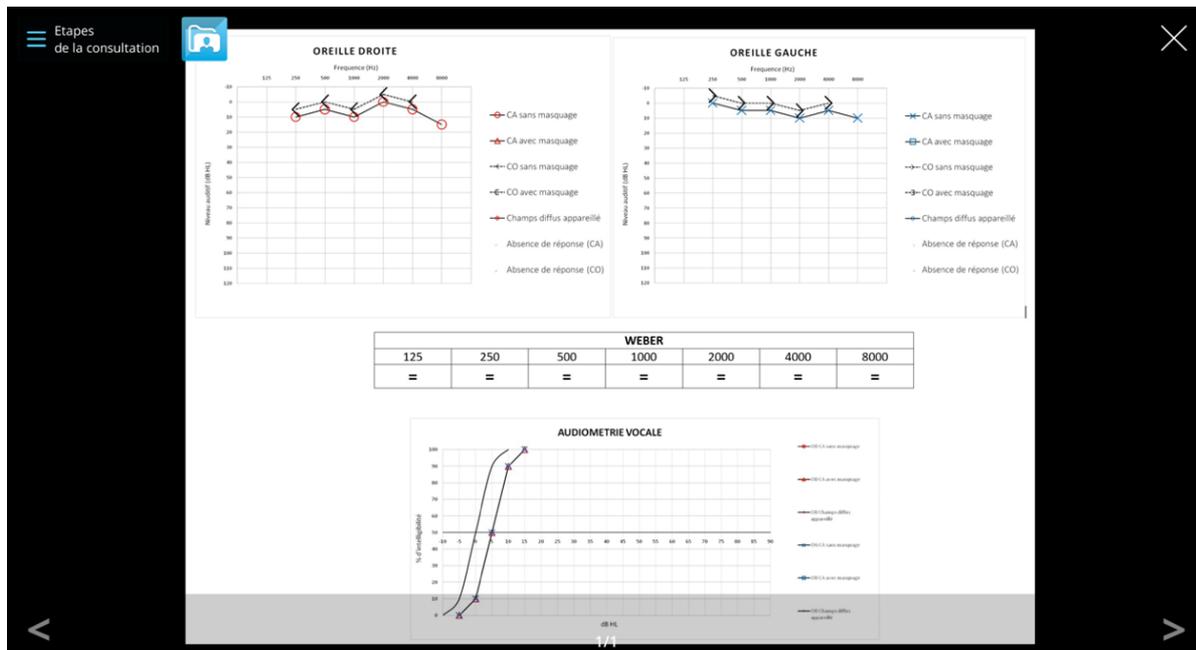


Figure 15 : Exemple d’audiogramme disponible dans le cas clinique « neuronite vestibulaire ».

d) Examens paracliniques et prise en charge

Un panel d’examens paracliniques a été mis à disposition des étudiants (IRM cérébrale, résultats de vidéo-nystagmographie (VNG) etc.) permettant de les orienter dans leur démarche diagnostique et thérapeutique. Les questions posées permettaient d’insister sur l’importance de ces examens (normalité de l’IRM si réalisée, résultats de VNG selon évolution de la pathologie, etc.).

Les éléments importants de la prise en charge thérapeutique du vertige aiguë étaient orientés notamment sur le traitement de la crise vertigineuse aiguë ainsi que le suivi du patient vertigineux (kinésithérapie, séquelles fonctionnelles, examens complémentaires de suivi etc.).

e) Déroulement du serious game

Le serious game se présentait donc en une succession de situations, chaque étape de consultation (interrogatoire, examen clinique, examens paracliniques, etc.) était entrecoupée de questions à réponses multiples (QRM). La réponse à ces QRM permettait de passer à l’étape suivante. Au fil du jeu, chaque nouvelle information clinique débouchait sur une question simple afin de faire prendre conscience à l’étudiant de la nécessité d’être attentif à chaque nouvelle donnée. Ces questions n’était pas notées. Le

serious game pouvait être interrompu à tout moment et repris plus tard au même niveau. Néanmoins, l'étudiant ne pouvait le réaliser qu'une seule fois.

Un feedback était présenté après chaque situation composé d'une synthèse explicative des questions et du cas clinique. Ce feedback n'était pas obligatoire, les étudiants pouvaient passer directement à la situation suivante sans le consulter. Il était également accessible à la fin de l'ensemble du serious game.

2. Modalités d'accès au cas clinique virtuel par l'étudiant

Les étudiants randomisés et sélectionnés pour la réalisation du serious game recevaient sur leur boîte mail facultaire un lien vers le site internet MedicActiv®. En créant leur compte, ils pouvaient accéder au jeu « un vertige brutal » pendant une semaine à partir de la date de réception du lien. Les administrateurs du site pouvaient suivre la progression des étudiants dans le jeu. Les étudiants n'ayant pas réalisé le serious game ou de façon incomplète étaient considérés comme perdus de vue et exclus de l'étude.

3. Modalités d'évaluation de l'étudiant

a) Évaluation des connaissances théoriques

Afin d'évaluer les progrès des étudiants, nous avons créé un questionnaire de connaissance (**Annexe 2**) sous forme de questions à réponses/choix multiples (QRM ou QCM). Les QRM ont été envoyés avec Google form® à deux reprises à chaque étudiant (**Figure 1** : schéma de l'étude) sur leur boîte mail facultaire.

Chaque QRM était noté sur 10 points, le questionnaire comportait 10 QRM au total soit une note maximale de 100 points.

La notation était la suivante :

- Toutes les bonnes réponses cochées (sans réponse fautive cochée) = 10 points.

- 1 réponse mauvaise ou oubliée = - 5 points
- 2 réponses mauvaises ou oubliées = - 10 points
- Pas de point négatif
- Soit un note possible à chaque QRM de 10, 5 ou 0 point(s).

Ce barème a été expliqué aux étudiants lors de l'envoi du questionnaire. Les étudiants n'avaient pas les réponses à ce questionnaire de connaissance, permettant ainsi de limiter un biais de mémorisation entre la première et la seconde soumission.

Les réponses nécessaires dans ce questionnaire étaient présentes dans l'item 101 sur le vertige du polycopié national du référentiel du collège d'ORL qui est la base de travail commune à tous les étudiants pour l'apprentissage du module ORL. Les étudiants qui ne remplissaient pas le questionnaire ou de manière incomplète étaient considérés comme perdus de vue et exclus de l'étude.

b) Évaluation subjective des cas cliniques virtuels par l'étudiant

Un questionnaire de satisfaction (**Annexe 3**) a été également envoyé par mail via un lien Google form® aux étudiants ayant réalisé le serious game en même temps que le second questionnaire de connaissance. Ce questionnaire se concentrait notamment sur l'auto-évaluation de l'étudiant par rapport à ses propres connaissances sur le vertige en ORL avant puis après réalisation du serious game, sur la sensation de progression personnelle ressentie par l'étudiant à l'issue du serious game, sur l'immersion ressentie de ce serious game ainsi que le désir ou non d'intégrer le serious game à leur formation pédagogique.

4. Analyse statistique

a) Méthode statistique

Dans cette étude, les tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel XLSTAT® (version 2016.1.1.62945). L'analyse statistique a été réalisée à l'aide de tests paramétriques et non paramétriques pour les comparaisons de moyenne en fonction des effectifs et de la distribution. Les comparaisons de pourcentages/effectifs ont été réalisées à l'aide de tests exacts de Fischer. Enfin, les analyses de corrélation ont été réalisées à l'aide de test de corrélation de Pearson. Classiquement, le seuil de $p < 0,005$ a été retenu comme seuil de significativité avec un risque d'erreur alpha de 5% et une puissance (1-béta) de 90%.

b) Calcul du nombre de sujets nécessaires

Pour cette étude, le calcul du nombre de sujet nécessaire est calculé selon un objectif de progression et la variance des données (moyenne des questionnaires avant/après serious game). Une évaluation préalable aurait été nécessaire à l'aide du questionnaire de connaissance que nous avons créé sur quelques étudiants afin de fixer une variance et de calculer le nombre de sujets nécessaires. Cela n'a pas été réalisé, nous aborderons ce sujet dans la partie discussion.

III. Résultats

A. Caractéristiques de la population

Parmi les 408 étudiants de la promotion de DFASM1, 191 étudiants ont rempli le questionnaire d'autorisation de participation à l'étude soit une participation initiale de 46,8%. Parmi les participants, aucun n'a présenté de critère d'exclusion, chaque étudiant était majeur et non-redoublant. Entre la première soumission du questionnaire de connaissance, le serious game et la deuxième soumission du questionnaire, nous avons constaté un total de 57 perdus de vue. Le nombre de participants final ayant fait l'étude complètement était donc de 134 étudiants, soit une participation finale de 32,8% sur l'ensemble de la promotion (**Figure 16**).

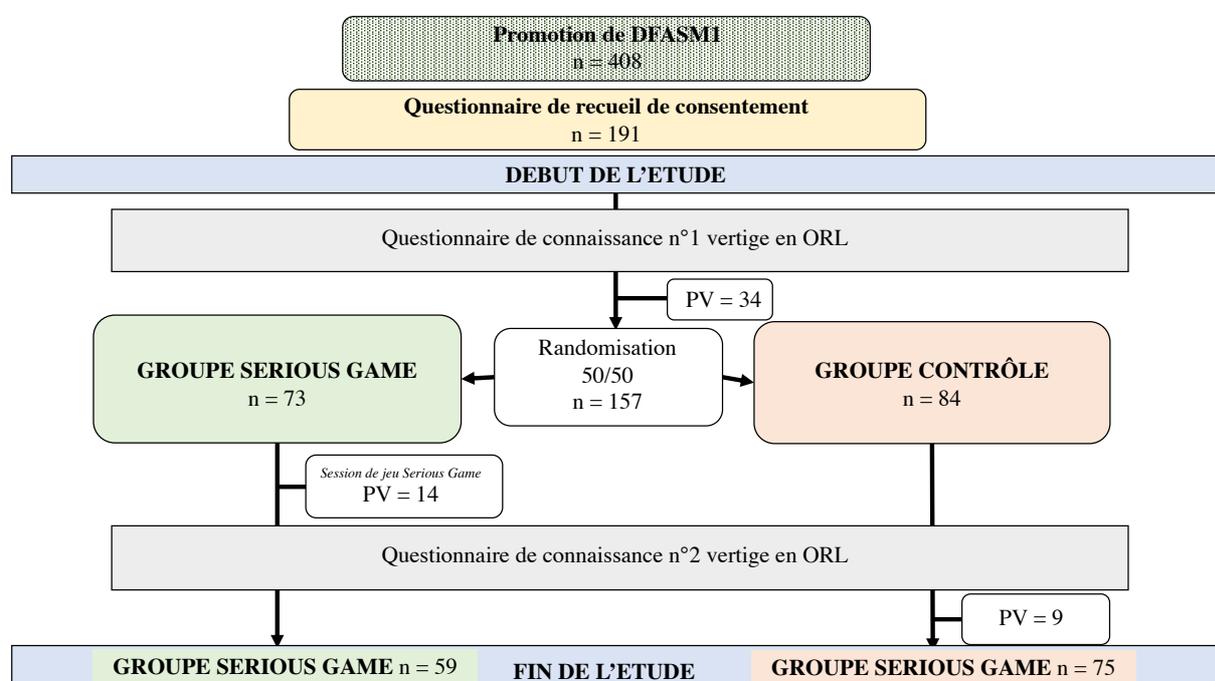


Figure 16 : Diagramme de flux de l'étude. (PV = Perdus de vue)

Parmi notre population de 134 étudiants, l'âge moyen était de 22 ans ($\pm 2,73$) avec une proportion de 60,3% de femme pour 39,7% d'homme. Ce sex-ratio était comparable à l'ensemble de la promotion de DFASM1 ($p=0,306$). Notre échantillon semble donc représentatif de l'ensemble de la promotion (**Tableau 1**).

Caractéristiques des participants	Population étude (n=134)	Promotion générale (n=408)	p
Genre, n (%)			
Femme	88 (65%)	246 (60,3%)	NS
Homme	46 (35%)	162 (39,7%)	NS

test exact de Fisher, OR 95%, n = nombre, NS = non significatif

Tableau 1 : Comparaison sex-ratio entre la population de l'étude et population générale de la promotion DFASM1.

Parmi les participants, 9 étaient déjà passés en stage dans le service d'ORL et 8 participants ont accédé à la promotion de DFASM1 via une passerelle autre que le cursus classique des études médicales.

B. Comparaison des groupes

Après avoir rempli le premier questionnaire de connaissance, les étudiants ont été randomisés via le logiciel Excel® en un groupe test (serious game) et un groupe contrôle avec un ratio de 1 pour 1. Les caractéristiques de la population de chaque groupe ont été résumées dans le **tableau 2**. Il n'existait pas de différence significative entre les caractéristiques du groupe test et du groupe contrôle concernant l'âge, le parcours des étudiants (parcours classique ou passerelles) et le nombre d'étudiants ayant déjà passé un stage en ORL.

Caractéristiques des participants	Groupe Test - Serious Game (n=59)	Groupe Contrôle (n=75)	p
Genre, n (%)			
Femme	40 (66,2%)	48 (64%)	NS
Homme	20 (33,8%)	26 (36%)	NS
Moyenne d'âge (ET)	22 ans (+/- 3,35)	22 ans (+/- 2,13)	NS
Stage passé en ORL	4 (6,8%)	5 (6,7%)	NS
Passerelle vers la DFASM1	4 (6,8%)	4 (5,3%)	NS

test exact de Fisher, OR 95%, ET = écart-type, n = nombre, NS = non significatif

Tableau 2 : Comparaison des différentes caractéristiques des populations du le groupe test – serious game et du groupe contrôle.

C. Analyse du critère de jugement principal

Concernant le premier test de connaissance, nous avons retrouvé une moyenne de 46,1/100 (\pm 17,6) pour le groupe SG et une moyenne de 44,9/100 (\pm 16,6) pour le groupe contrôle. Cela représente un écart de 1,2 points qui ne représentait pas une différence significative entre ces deux moyennes ($p = 0,678$, **Tableau 4**).

Initialement, les étudiants avaient un niveau comparable, qu'ils aient été dans le groupe contrôle ou le groupe SG.

Concernant le groupe SG, la moyenne globale des étudiants au premier test de connaissance (pré-SG) était de 46,1/100 ($\pm 17,6$). La moyenne globale au deuxième test de connaissance (post-SG) était de 68,05/100 ($\pm 18,1$). On retrouve une différence significative ($p < 0,0001$) entre ces deux moyennes (**Tableau 3**).

On constate que le groupe SG a amélioré significativement sa moyenne aux tests de connaissances de 21,95 points entre la première et la seconde soumission.

Afin de ne pas allouer cette amélioration des connaissances du groupe SG au simple travail autonome de l'étudiant, nous avons comparé les moyennes du premier et deuxième test de connaissance du groupe contrôle (respectivement 44,9/100 ($\pm 16,6$) et 46,9/100 ($\pm 16,8$)) : il n'existait pas de différence significative entre les résultats du premier et du second questionnaire ($p = 0,314$) pour le groupe contrôle (**Tableau 3**).

Les étudiants ayant travaillé en autonomie sans réaliser le SG n'ont pas progressé entre la première et la seconde soumission du questionnaire de connaissance.

La comparaison des moyennes du groupe contrôle et du groupe SG au deuxième test de connaissance (respectivement 46,9 ($\pm 16,8$) et 68,05 ($\pm 18,1$)) retrouve une différence significative de 21,2 points ($p < 0,0001$, **Tableau 4**).

Les étudiants du groupe SG étaient donc significativement meilleurs que ceux du groupe contrôle au deuxième questionnaire de connaissance

	Moyenne Premier Questionnaire (ET)	Moyenne Second Questionnaire (ET)	p
Groupe SG	46,1 ($\pm 17,6$)	68,05 ($\pm 18,1$)	$p < 0,0001$
Groupe Contrôle	44,9 ($\pm 16,6$)	46,9 ($\pm 16,8$)	NS

test t de Student pour échantillons appariés, ET = écart-type, NS = non significatif

Tableau 3 : Comparaison entre la moyenne des scores du premier questionnaire et celle du second questionnaire dans chaque groupe.

	Groupe SG	Groupe contrôle	p
Moyenne Q1 (ET)	46,1 (\pm 17,6)	44,9 (\pm 16,6)	NS
Moyenne Q2 (ET)	68,05 (\pm 18,1)	46,9 (\pm 16,8)	p<0,0001
test t de Student pour échantillons indépendants, ET = écart-type, NS = non significatif			

Tableau 4 : Comparaison entre les moyennes des scores de chaque questionnaire d'un groupe à celles de l'autre.

D. Analyse des critères de jugement secondaires

1. Analyse du bénéfice du SG selon le niveau initial de l'étudiant

Afin d'établir une relation éventuelle entre le niveau initial de l'étudiant et le bénéfice tiré de la réalisation du SG, nous avons réparti les étudiants en sous-groupes selon leur note au premier questionnaire de connaissance, cette notation a été considéré comme représentative de leur niveau initial (**Tableau 5**).

Parmi les étudiants du groupe SG, le sous-groupe d'étudiants ayant eu une note initiale \leq à 40/100 points (équivalent à \leq 8/20 en langage plus académique) a présenté une amélioration significative des scores entre les questionnaires avant/après SG ($p < 0,0001$) passant d'une moyenne pré-SG de 27,7 (\pm 10,9) à une moyenne post-SG de 59,8 (\pm 22,3), soit une amélioration de 32,1 points en moyenne (**Tableau 5**).

Pour les étudiants du sous-groupe SG ayant une note initiale entre 41 et 59 points sur 100 points (soit entre 8/20 et 12/20), ce sous-groupe a présenté également une amélioration significative des scores aux questionnaires avant/après SG ($p = 0,001$) passant d'une moyenne pré-SG de 49,5 (\pm 3,5) à une moyenne post-SG de 67,9 (\pm 14,9) soit une amélioration de 18,4 points en moyenne (**Tableau 5**).

Des résultats similaires ($p = 0,001$) sont retrouvés pour le sous-groupe d'étudiants ayant eu une note initiale \geq 60/100 (soit \geq 12/20) avec une amélioration significative entre la moyenne pré-SG (66,9 \pm 6,8) et la moyenne au test post-SG (79,7 \pm 5,6) soit une amélioration de 12,8 points (**Tableau 5**).

De l'élève moyen au très bon, tous ont tiré un bénéfice à la réalisation du SG par une augmentation significative de leurs résultats entre le premier et le deuxième questionnaire de connaissance.

Sous-Groupes (n = 59)	Moyenne Premier Questionnaire (ET)	Moyenne Second Questionnaire (ET)	p
De 0 à 40 n = 22	27,7 (± 10,8)	59,8 (±22,3)	0,0001
De 41 à 59 n = 21	49,5 (±3,5)	67,8 (± 14,9)	0,001
De 60 à 100 n = 16	66,9 (±6,8)	79,7 (± 5,6)	0,001
test de Wilcoxon des rangs signés, test bilatéral, n = nombre, ET = écart-type			

Tableau 5 : Comparaison entre les moyennes des scores du premier questionnaire avec celles du second questionnaire pour chaque sous-groupe du groupe serious game.

2. Analyse du bénéfice du SG par rapport à l'auto-évaluation de l'étudiant

Dans le groupe serious game, nous avons comparé la progression des notes des étudiants entre la première et la seconde soumission au questionnaire de connaissances avec leur sentiment d'amélioration relaté dans le questionnaire de satisfaction.

Parmi les 59 étudiants, 41 (soit 69,5 %) ont déclaré avoir ressenti une progression entre l'avant et l'après serious game (**Tableau 8**). Dans ce groupe, on constate un gain de score moyen (sur 100 points) de 22,2 points (± 16,9). Pour les 18 étudiants (soit 30,5 %) n'ayant pas eu de sentiment de progression, on constate un gain de score moyen de 21,4 points (± 15,4). La comparaison de ces deux gains de score moyens ne montrait aucune différence significative ($p=0,874$, **Tableau 6**).

Par conséquent, même si les étudiants n'avaient pas le sentiment de tirer un bénéfice du jeu, il était pourtant réel.

	Progression ressentie	Pas de progression ressentie	
	n = 41 (69,5%)	n = 18 (30,5%)	p
Moyenne de la progression (ET)	22,4 (± 16,9)	21,4 (± 15,4)	NS

test de Mann-Whitney, test bilatéral, n = nombre, NS = non significatif

Moyenne de la progression = moyenne score du second questionnaire - moyenne score du premier questio

Tableau 6 : Comparaison de la moyenne des gains de score entre les étudiants ayant ressenti une progression par rapport à celle ne l'ayant pas ressentie.

3. Analyse du bénéfice objectif du SG par rapport à l'âge

Nous avons recherché une potentielle corrélation entre le bénéfice du serious game (différentiel des scores des étudiants entre la première et la seconde soumission au questionnaire de connaissance) et leur âge (**Figure 17**).

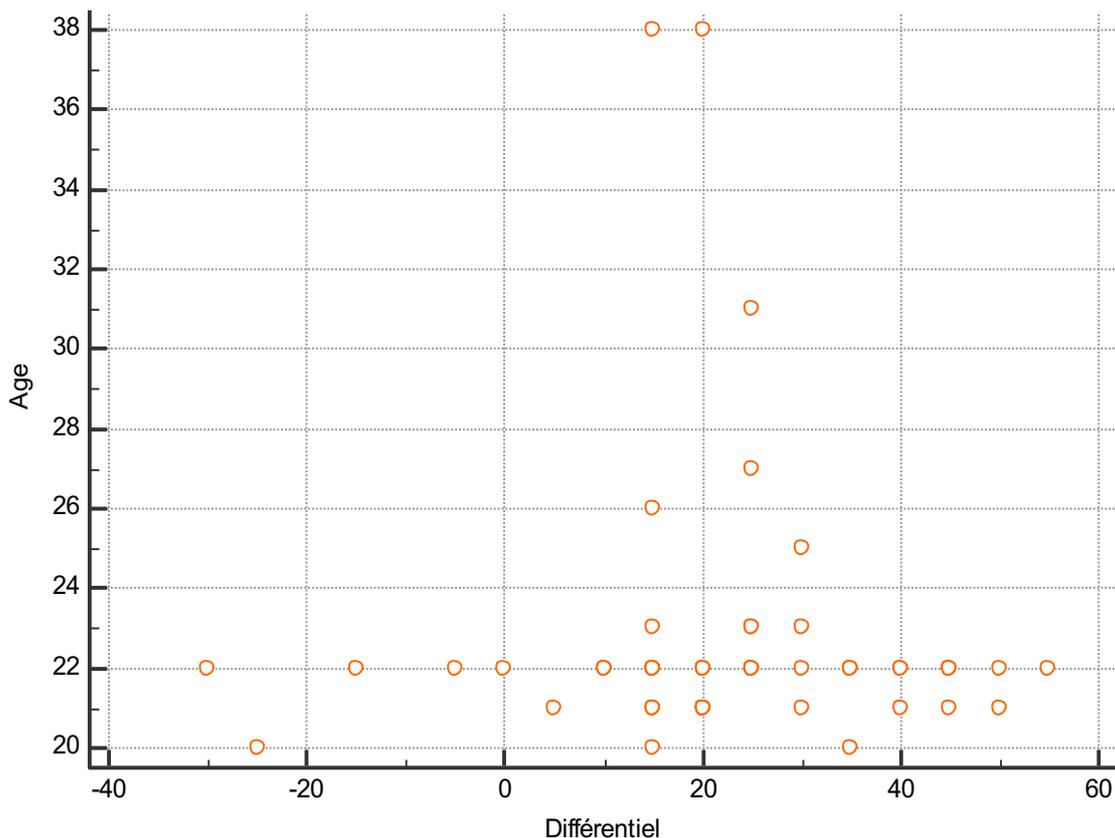


Figure 17 : Répartition du différentiel des scores selon âge des participants. Le score de coefficient de détermination de Pearson est de 0 et le p à 0,925.

Il n'existe pas de corrélation entre les bénéfices apportés par le serious game et l'âge des participants.

4. Analyse du bénéfice du SG par rapport au cursus de l'étudiant

Dans le groupe SG, 4 étudiants ont accédé à l'année de DFASM1 via une passerelle plutôt qu'un parcours classique. Nous avons comparé la progression des scores entre le premier et le deuxième questionnaire de connaissance de ces 4 étudiants par rapport aux 53 ayant eu un parcours classique. Respectivement, la progression de score des « étudiants passerelles » était en moyenne de 16,25 points ($\pm 6,2$) et celle des « étudiants parcours classique » était de 22,36 points ($\pm 16,9$). *La comparaison par test de Mann-Whitney bilatéral* de ces deux gains de score ne retrouvait pas de différence significative ($p=0,321$).

Le parcours de l'étudiant ne semblait donc pas avoir d'influence sur les capacités de progression des étudiants, sous réserve de tests réalisés avec un groupe de petit effectif (4 vs 53).

5. Analyse du bénéfice du SG par rapport au stage en ORL

Dans le groupe SG, 4 étudiants avaient déjà réalisé un stage dans un service ORL. Nous avons comparé les résultats de leur premier questionnaire de connaissance par rapport aux 53 autres n'ayant jamais été en stage ORL. La moyenne globale du premier test de connaissance était de 47,5/100 ($\pm 11,9$) pour les « étudiants avec stage ORL » tandis que celle des « étudiants sans stage ORL » était de 46/100 (± 18). Cette différence de 1,5 points entre ces deux sous-groupes n'était pas significative ($p=0,996$, **Tableau 7**).

Les étudiants qui étaient passés en stage ORL ne semblaient donc pas meilleurs au premier test de connaissance que les autres, sous réserve d'un test de Mann-Whitney pour données non appariées réalisé sur un petit effectif (4 vs 53).

Lorsque nous avons comparé les progrès réalisés entre le premier et le second questionnaire des 4 étudiants « avec stage ORL » par rapport aux 53 « sans stage ORL », nous avons constaté 32,5/100 ($\pm 14,4$) points de progression en moyenne pour le sous-groupe « avec stage ORL » tandis que le sous-

groupe « sans stage ORL » n'était amélioré que de 21,2/100 ($\pm 16,4$) en moyenne. Malgré une différence de 11,3 points, cela n'a pas entraîné de différence significative ($p=0,193$, **Tableau 7**).

Il semblerait que les étudiants qui étaient passés en stage ORL n'étaient pas plus améliorés par le SG que les autres, sous réserve une nouvelle fois d'un test de Mann-Whitney pour données non appariées réalisé sur un petit effectif (4 vs 53).

	Stage ORL réalisé (n=4)	Pas de stage ORL réalisé (n=53)	p
Niveau initial (ET)	47,5 ($\pm 11,9$)	46 (± 18)	NS
Moyenne de progression (ET)	32,5 ($\pm 14,4$)	21,2 ($\pm 16,4$)	NS
Mann-Whitney pour données non appariées, ET = écart-type, n = nombre, NS = non significatif			
Niveau initial = moyenne score premier questionnaire (sur 100 points)			
Moyenne de la progression = moyenne score du second questionnaire - moyenne score du premier questionnaire (sur 100 points)			

Tableau 7 : Comparaison du niveau initial moyen et de la progression des étudiants passés en stage ORL avec ceux n'étant pas passé en stage.

6. Résultats du questionnaire de satisfaction

Après le second questionnaire de connaissance, les étudiants du groupe serious game ont rempli le questionnaire de satisfaction (voir **Annexe 3**). Ce questionnaire a été complété par les 59 étudiants du groupe, soit un taux de participation de 100%. L'ensemble de ces résultats ont été regroupés dans le **Tableau 8**.

	N (N = 59)	%						
Sur quel(s) support(s) avez-vous travaillé le module ORL ? (plusieurs réponses possibles)								
Cours magistraux	25	42,40%						
Polycopiés nationaux	57	96,70%						
E-learning	9	15,30%						
Autres	12	20,30%						
AVANT la réalisation de ce Serious Game, comment évalueriez-vous votre niveau concernant la prise en charge d'un vertige en ORL ?								
Bon	1	1,70%						
Moyen	25	42,40%						
Mauvais	33	55,90%						
APRES la réalisation de ce Serious Game, comment évalueriez-vous votre niveau concernant la prise en charge d'un vertige en ORL ?								
Bon	14	23,70%						
Moyen	41	69,50%						
Mauvais	4	6,80%						
Avez-vous eu le sentiment d'améliorer vos connaissances en matière de vertige à l'issue de ce Serious Game ?								
Oui	52	88,10%						
Non	7	11,90%						
Considérez-vous le Serious Game en simulation de consultation comme un moyen d'apprentissage utile pour votre formation ?								
Oui	56	94,90%						
Non	3	5,10%						
La réalisation du Serious Game vous a-t-elle incité à retravailler le sujet de la névrite vestibulaire dans vos cours ?								
Oui	50	84,70%						
Non	9	15,30%						
Souhaiteriez-vous que la simulation par Serious Game fasse partie de votre cursus d'apprentissage ?								
Oui	55	93,20%						
Non	4	6,80%						
Comment noteriez-vous l'immersion ressentie lors de la réalisation de ce Serious Game ?								
Excellente	5	8,50%						
Très bonne	29	49,20%						
Bonne	23	39%						
Mauvaise	2	3,40%						
Très Mauvaise	0	0%						
La durée nécessaire à la réalisation de ce Serious Game vous paraît-elle en adéquation avec le bénéfice pédagogique que vous en avez tiré ?								
Trop long	10	16,90%						
Trop court	2	3,40%						
Durée adaptée	47	79,70%						
n = nombre								

Tableau 8 : Résultats du questionnaire de satisfaction du groupe serious game.

Les avis des 59 étudiants ayant réalisé le serious game sont très positifs. En effet, 41 étudiants (soit 69,5%) ont ressenti une progression dans leur niveau de prise en charge vis-à-vis du vertige en ORL entre avant et après le serious game, 94,9% des étudiants ont considéré le SG comme un moyen d'apprentissage utile et 93,2% des étudiants souhaiteraient qu'il fasse partie intégrante de leur cursus universitaire. La durée nécessaire à la réalisation du SG a été considérée comme adaptée pour 79,7% des étudiants.

Une question (non représentée sur le **Tableau 8**) s'est notamment intéressée aux problèmes techniques rencontrés par les étudiants lors de la réalisation du jeu sérieux. En effet, parmi les 14 perdus de vue lors de la phase serious game, 4 personnes n'ont pas pu jouer au serious game pour des problèmes

techniques d'incompatibilité entre leurs ordinateurs personnels et la plateforme internet d'hébergement du jeu. Sur les 59 étudiants ayant pu faire complètement le jeu : 22 personnes ont relaté des problèmes lors du serious game (soit 37,3%) tandis que 37 étudiants (soit 62,7%) n'ont eu aucun problème. Les problèmes les plus fréquemment rencontrés étaient :

- Problèmes de connexion internet : 2 (9,1 %)
- Problèmes techniques liés au serious game : 15 (68,2%)
- Problèmes liés au navigateur : 1 (4,5%)
- Problèmes lié au matériel (tablette, ordinateur portable...) : 1 (4,5%)
- Autres : 3 (13,6%)

IV. Discussion

A. Résultats

L'objectif principal de notre étude a été atteint : nous avons montré que la réalisation du jeu serious game, en plus de l'apprentissage classique déjà en place en faculté, permet une augmentation significative des connaissances des étudiants-joueurs à 4 semaines par rapport à ceux qui n'y ont pas joué.

Dans la littérature actuelle, aucune étude ne propose de serious game ayant pour thème le vertige en ORL. Même si les serious games dans le domaine médical sont de plus en plus représentés au cours de ces dix dernières années, très peu d'études chez les étudiants en médecine ne comportent d'effectifs aussi importants avec groupe contrôle.

De manière plus précise, notre étude montre des résultats très encourageants : avant le serious game au premier test, on constate que 28 personnes sur 59 n'avaient pas la moyenne dite « académique » (classiquement fixée à 50/100 ou 10/20 de manière plus traditionnelle) avec une moyenne globale de 31,4/100 (± 12). Après avoir réalisé le serious game au deuxième test, 21 personnes parmi ces 28 ont pu remonter leurs notes et dépasser cette moyenne ($\geq 50/100$ ou $\geq 10/20$) avec une moyenne globale de

59,5/100 ($\pm 20,6$) soit environ 12/20. La moyenne « académique » de 10/20 (ou 50/100) a été traditionnellement instaurée comme « seuil » dans notre système éducatif pour décider ou non du passage en année supérieure d'un étudiant. Dans l'hypothèse d'un examen validant, le serious game aurait donc permis à 75% des personnes initialement considérées comme « redoublantes » d'être admises en année supérieure.

Une des explications possibles de ces résultats se retrouve très probablement dans les profils d'apprentissage. Comme nous l'avons vu, les profils cognitifs « kinesthésiques » sont particulièrement représentés dans les promotions d'étudiants en médecine (15) (17). Ils sont notamment stimulés dans leur apprentissage par l'expérience, les exemples, la pratiques ainsi que par la simulation (14). On peut supposer qu'un jeu vidéo en simulation de consultation comme ce serious game permet d'atteindre spécifiquement les étudiants présentant ce profil. Cela ouvre une possibilité d'apprentissage supplémentaire aux étudiants avec un profil « kinesthésique unimodal » chez qui la mémorisation ne repose pas sur le « visuel », l'« auditif » ou le « lu et écrit » et donc, peu sensibles à l'apprentissage théorique littéraire ou aux cours magistraux qui composent essentiellement les études médicales.

Sur un autre versant, la simulation par serious game peut être un moyen de travailler l'axe intuitif. Comme nous l'avons vu, Kahneman explique que le processus intuitif repose sur l'analyse inconsciente des données cliniques immédiatement décelables devant un patient (8). Sitôt la phase « interrogatoire » terminée et avant même la phase d'« examen clinique », le premier QRM du serious game est une question concernant l'hypothèse diagnostique la plus probable. Ce type d'enchaînement permet sans doute d'améliorer le « gut feelings » ou « l'instinct » de l'étudiant. De même, l'auteur explique que l'axe analytique repose sur un raisonnement hypothético-déductif permettant d'affirmer ou d'infirmer l'idée émanant du processus intuitif. Tout comme un cas clinique écrit, l'ensemble des données du serious game et les QRM qui en découlent nécessitent un raisonnement intellectuel analytique. Un serious game permettrait donc de travailler les deux systèmes cognitifs.

Concernant les objectifs secondaires, même si nous ne pouvons pas porter de conclusions définitives en l'absence d'études dédiées, plusieurs observations peuvent néanmoins être faites. Il semblerait que le passage ou non de l'étudiant en stage ORL n'influence ni sa réussite initiale au premier questionnaire de connaissance ni sa progression après serious game (sous réserve de sous-groupes de

petit effectif). L'absence de différence à la réussite initiale peut être expliquée simplement par le fait que les étudiants qui passent en stage à Bordeaux vont essentiellement en consultation ou au bloc opératoire, ils rencontrent donc très peu de syndrome vertigineux en phase aiguë. L'absence de différence quant à l'amélioration des connaissances après jeu sérieux peut signifier qu'un serious game permet la même amélioration des connaissances, que l'étudiant soit passé ou non en stage. Des entraînements par serious game pourraient donc être une manière de corriger les inégalités de connaissance des étudiants aux examens pour ceux qui n'auraient pas eu la chance de rencontrer certaines situations cliniques en pratique.

B. Choix de la méthode

1. Choix lors de la création du Serious Game

Le choix d'introduire le thème du syndrome vertigineux dans un jeu sérieux nous a semblé pertinent devant les possibilités qu'il nous offrait car en plus de se prêter particulièrement au déroulement chronologique d'un scénario, il est un motif fréquent de consultation. Il représenterait 3,3% des motifs d'entrées aux urgences (59) et toucherait 15 à 35% de la population à un moment donné de la vie (60). Le syndrome vertigineux représente un enjeu de taille puisqu'il engage possiblement le pronostic vital en cas d'étiologie centrale. On estime que la prévalence de vertiges d'origine centrale se situe entre 3,2 à 12,5 % (61). Malgré une formation de base commune à tous les étudiants et praticiens en France, la richesse et la difficulté de l'examen clinique du patient vertigineux ainsi que l'errance diagnostique qui en découle entraînent de nombreuses conséquences (imageries cérébrales faites à tort ou par excès en dépit de leurs taux de faux-négatifs non négligeables (62), augmentation de la morbi-mortalité...). Le syndrome vertigineux représente donc un véritable enjeu dans la formation des étudiants en médecine et des médecins. Une amélioration de l'expertise clinique permettrait une diminution de la morbidité des patients, une meilleure optimisation de la prise en charge et de l'orientation du patient ainsi qu'une diminution des dépenses de santé publique. Un serious game

pouvant possiblement améliorer les connaissances des étudiants sur ce sujet nous a donc semblé intéressant.

Dans ce but, trois serious games ont été créés initialement, chacun portant sur les trois grandes causes de vertige d'origine ORL (la neuronite vestibulaire, la maladie de Ménière et le vertige positionnel paroxystique bénin). Néanmoins, nous avons estimé que la réalisation d'un nombre trop important de scénarii dans un délai si court (une semaine) risquait d'entraîner un certain épuisement de la part des étudiants donc un risque accru de perdu de vue et de nous exposer à des difficultés concernant l'évaluation des connaissances par des questionnaires trop longs voire imprécis. C'est pourquoi nous avons fait le choix de n'évaluer que le serious game ayant pour thème la neuronite vestibulaire.

Le scénario type du serious game se décomposait en plusieurs situations cliniques successives et l'ensemble était réalisable en 30 à 40 minutes. L'idée de ces différentes situations était de ne pas se limiter à la simple prise en charge en aigu de la pathologie vertigineuse mais de refléter l'ensemble du parcours de soin du patient, de son arrivée à l'hôpital jusqu'à son suivi au long court en consultation. Les modes d'évaluation classiques proposés aux étudiants lors de leur cursus ne permettent pas toujours une évolution chronologique réaliste du patient et de sa maladie. Le serious game se prête tout particulièrement à cela et permet aux élèves une immersion plus réaliste de ce que sera leur pratique future. Dans notre étude, les étudiants ont déclarés avoir eu un sentiment d'immersion important lors de la phase de jeu avec 96,7% d'évaluations positives (de bonne à excellente immersion ressentie) contre seulement 3,4% d'avis négatifs (**Tableau 8**).

Lors de la création du serious game, plusieurs possibilités d'interrogatoires interactifs s'offraient à nous. Les progrès récents de l'intelligence artificielle (I.A.) permettent de plus en plus de proposer des méthodes d'interrogatoire intelligentes par des réponses adaptées à des questions libres posées par les étudiants. Cette manière de mener l'interrogatoire du patient nous a été proposée mais nous n'avons pas retenu cette solution car elle représentait un obstacle majeur : même en présence d'une I.A. de bonne qualité, les questions libres des étudiants devaient absolument être préenregistrées afin de donner la réponse adaptée. De plus, même si les réponses étaient correctement enregistrées, la présence de fautes de frappe, d'orthographe ou de grammaire rendaient le logiciel incapable de fournir les réponses correctes. Même si cette méthode d'interrogatoire permet d'être beaucoup plus proche de la réalité

pratique qu'une autre, les systèmes les plus développés créés par de grandes multinationales (Google® avec l'I.A. Alexa ou Apple® avec Siri) présentent encore de gros dysfonctionnements. Or, un interrogatoire bien conduit est primordial devant un patient vertigineux, nous avons donc préféré l'utilisation d'une liste de questions pré-écrites que l'étudiant était libre de choisir ou non. Cela nous a permis d'insister sur certaines questions jugées importantes orientant vers une origine périphérique (ou centrale) à poser à tout patient se présentant pour syndrome vertigineux.

Le même raisonnement a été appliqué lors de la phase d'examen clinique du patient. La recherche d'un nystagmus sous vidéo-nystagmoscopie et ses caractéristiques, l'examen otoscopique, la normalité de l'examen neurologique, la présence de nausées/vomissements ou encore les constantes du patient ont tous fait l'objet d'une attention particulière afin de rendre compte de leurs importances lors de l'analyse clinique d'un patient vertigineux. La même attention a été apportée aux résultats d'examens paracliniques tels que l'audiométrie, les résultats de vidéo-nystagmographie, les imageries scannographiques ou en résonance magnétique.

Nous avons également fait le choix de ne divulguer les corrections à la fin des situations cliniques et non pas à la fin de l'ensemble du serious game. Ainsi, si l'étudiant se trompait lors d'une situation, cela lui permettait de continuer avec la bonne orientation diagnostique ou thérapeutique. Le but de ce type d'exercice étant de rester attractif et pédagogique. La présentation d'un feed-back immédiat permet d'éviter la mémorisation d'éléments erronés chez les étudiants.

En utilisant la classification G/P/S proposée par le Pr Alvarez, le serious game créé pour cette étude peut être décrit de la manière suivante :

- **Gameplay :** *Jeu.* Chaque joueur remplit différentes questions à choix multiples disséminées au sein du scénario. Il existe une fin et les règles sont claires : apporter les réponses les plus adaptées à la prise en charge du patient. Un feed-back est présenté aux étudiants à la fin de chaque situation.
- **Permet de :** *Dispenser un entraînement cognitif,* le jeu permet de se rapprocher le plus possible d'une situation clinique réelle sans pour autant exposer le praticien ou le patient à une potentielle erreur médicale.

- **Secteur (Marché) :** *La santé publique*. Le jeu est financé par l'université de médecine de Bordeaux donc par les fonds publics français.
- **Secteur (Public) :** *Personnel médical en formation*. Entraîner les étudiants à des situations cliniques classiques du vertige en ORL.

2. Mode d'évaluation par questionnaire de connaissances

Une des principales difficultés à laquelle nous nous sommes confronté a été l'évaluation des connaissances des étudiants. Nous avons fait le choix de passer par des questions à réponses multiples (QRM). Ce mode d'évaluation nous est apparu comme pertinent du fait du nombre d'étudiants potentiellement important qui participeraient à l'étude (promotion de 408 étudiants), sa facilité de correction ainsi que son objectivité dans son barème.

Afin de limiter le nombre de perdus de vue, la rédaction de ces QRM devait donc répondre à deux exigences : ce questionnaire devait être *concis* et *facile d'accès*. Pour cela, nous nous sommes limités à 10 QRM chacun composé de 5 propositions possibles maximum et nous leur avons fait donc parvenir les questionnaires à l'aide d'un lien Google form® envoyé directement sur les boîtes mails facultaires.

Concernant le mode d'évaluation des QRM, il existait deux possibilités suivant l'objectif visé. Le barème d'un QRM pouvait être soit « sommatif » soit « formatif ». Le terme « formatif » décrit un QRM qui vise un objectif essentiellement pédagogique, il ne permet pas l'évaluation précise d'un étudiant et de ses acquis. Généralement, il se présente sous forme d'un feedback immédiat après chaque réponse afin d'expliquer chaque proposition à l'étudiant. Un QRM « sommatif » vise à évaluer les connaissances et les acquis de l'étudiants, il doit être punitif en cas d'oubli de bonne réponse, d'absence de réponse ou de mauvaise réponse cochée (63). Pour notre étude, l'évaluation des connaissances sur la neuronite vestibulaire devait passer par un barème discriminant donc « sommatif ». Comme expliqué précédemment, l'étudiant devait avoir coché toutes les réponses correctes et aucune réponse fausse pour avoir tous les points à la question. En cas d'une réponse fausse ou oubliée, la moitié des points était retirée et si 2 réponses ou plus étaient fausses ou oubliées, l'étudiant avait zéro à la question. Ce mode

de pondération était discriminant par sa sévérité, il permettait d'éviter l'absence de réponse et forçait l'étudiant à ne pas répondre au hasard (63). Nous nous sommes appliqués également lors de la rédaction des QRM à être les plus explicites possible (pas d'ambiguïté aussi bien dans les énoncés que dans les réponses possibles, pas de double-négation, pas de « vrai/faux » etc.) (64).

Mesurer et discriminer l'acquisition des compétences de l'évalué est une dimension à respecter lors de la réalisation de QRM avec barème « sommatif », on appelle cela l'étalonnage.

Un QRM est bien étalonné s'il est capable de différencier les résultats des étudiants. Il les distribue idéalement selon une courbe gaussienne. Ainsi, la forme de distribution des résultats varie suivant la difficulté des QRM (**Figure 18**). Si ceux-ci sont trop faciles, on retrouve un effet plafond (courbe pointillée rouge) sur la notation et inversement un effet plancher avec des QRM trop difficiles (courbe en bleu) (65).

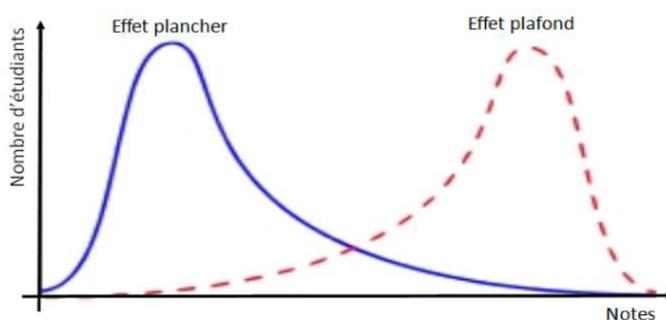


Figure 18 : Distribution des notes selon difficulté d'un examen

Concernant notre propre répartition des notes, la courbe (**Figure 19**) qui apparaissait avec les 134 résultats du premier questionnaire de connaissance semblait suivre ce même aspect gaussien. Elle était également centrée autour de 50/100 points ce qui laissait supposer que le questionnaire de connaissance présentait un niveau de difficulté correct, sans effet plafond ou effet plancher.

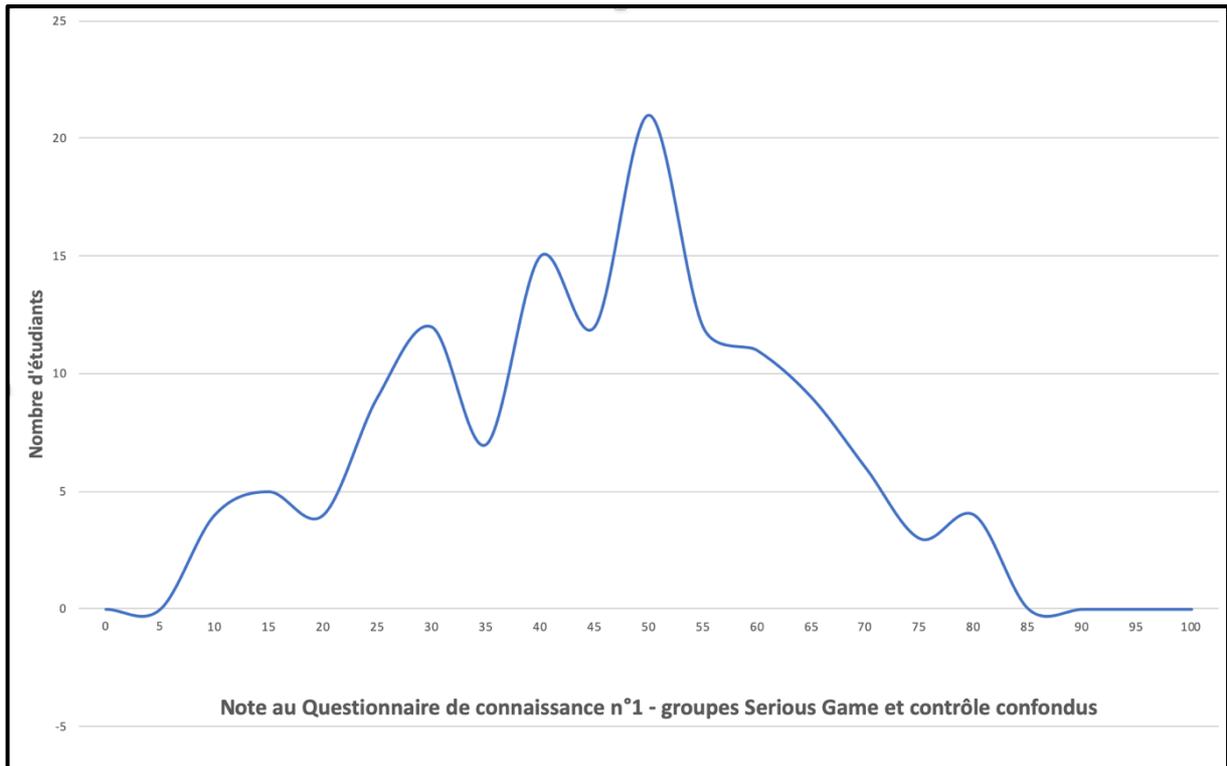


Figure 19 : Répartition des notes des 134 étudiants sur 100 points lors de la première soumission au questionnaire de connaissance, groupe serious game et groupe contrôle confondus.

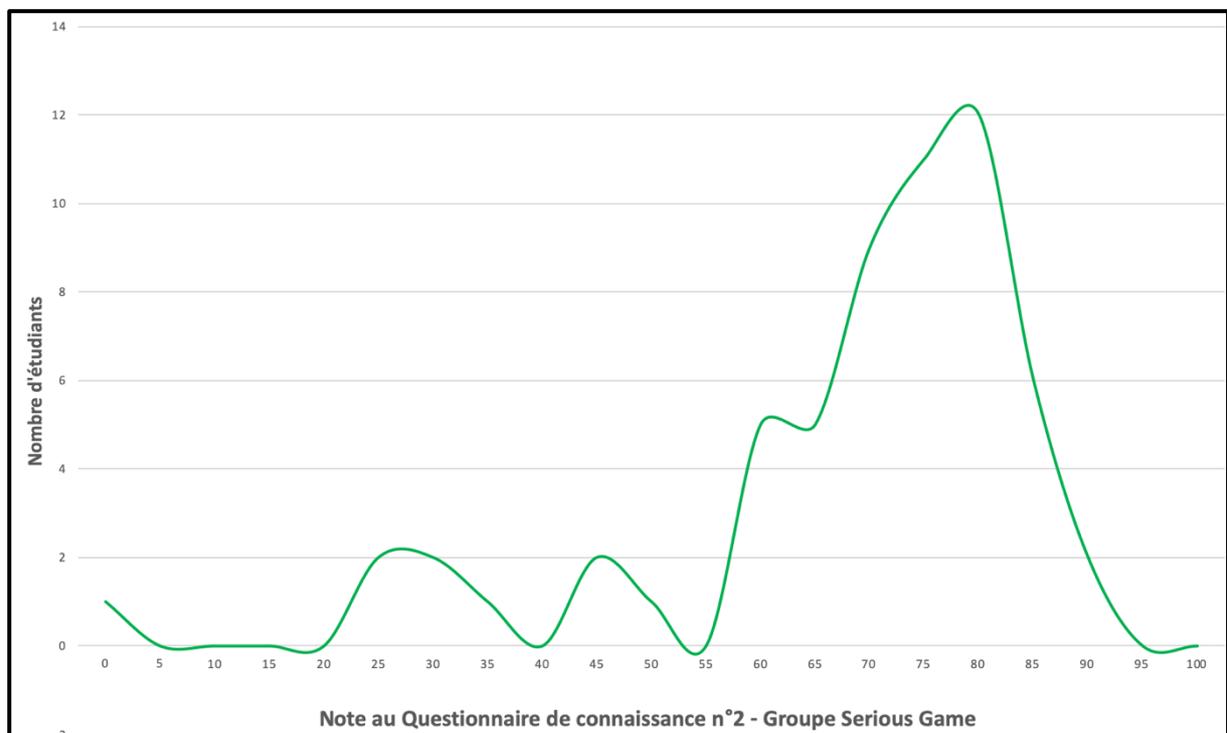


Figure 20 : Répartition des notes (sur 100 points) des 59 étudiants du groupe Serious Game lors de la deuxième soumission au questionnaire de connaissance.

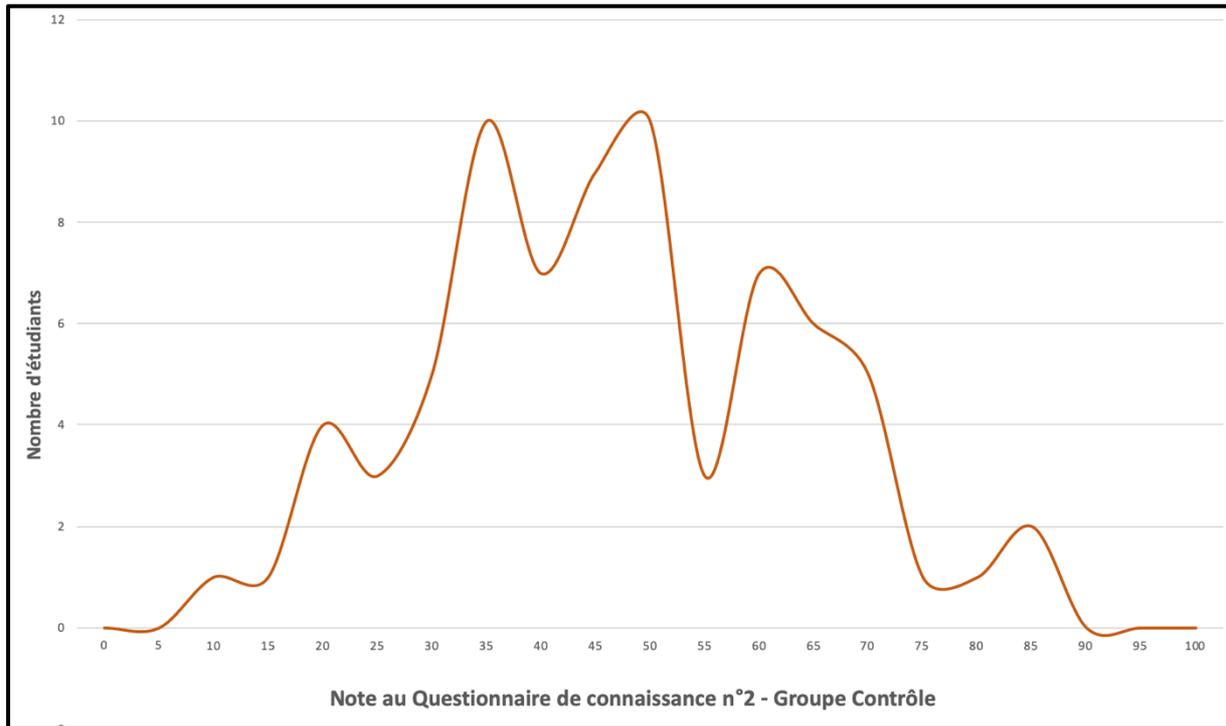


Figure 21 : Répartition des notes (sur 100 points) des 75 étudiants du groupe contrôle lors de la deuxième soumission au questionnaire de connaissance.

Lorsque nous avons comparé la progression des étudiants en les répartissant en sous-groupes selon leur niveau initial (**Tableau 5**), nous avons remarqué qu'un sous-groupe de bon niveau avait tendance à avoir une progression moyenne plus faible qu'un sous-groupe de niveau inférieur (le groupe $\leq 40/100$ avait une progression de 32,1 points tandis que celle du sous-groupe $\geq 60/100$ était de 12,8 points). Cette observation est simplement expliquée par le fait que notre test de connaissance est plafonné par une note maximale (100 points), un étudiant ayant un niveau initial à 80/100 aura une marge de progression plus réduite qu'un étudiant débutant à 30/100. Même si les 3 sous-groupes ont progressé de façon significative, ce mode d'évaluation par notation reste limité lorsqu'il s'agit d'évaluer les très bons étudiants.

Une autre potentielle limite de ce mode d'évaluation était que les étudiants pouvaient parfaitement noter les questions du questionnaire de connaissance et les travailler entre la première et la seconde soumission. Cette limite a été écartée par le groupe contrôle qui n'a montré aucune augmentation significative des résultats au questionnaire de connaissance entre les deux soumissions.

Concernant le choix du type de serious game, nous avons opté pour une reconstitution virtuelle d'une situation de consultation (interrogatoire, examen clinique du patient et accès aux résultats paracliniques) entrecoupée des sessions de QRM à chaque étape. La session de jeu se terminait par un récapitulatif final de la situation que venait de faire le joueur (summative feedback). Ce type de jeu nous est apparu comme particulièrement intéressant car il permettait à la fois la formation mais aussi l'évaluation. Le recueil des réponses de l'étudiant associé à un feedback immédiat permet d'inscrire ce serious game dans une démarche pédagogique dans laquelle l'évaluateur et l'étudiant peuvent débriefer et décrire les erreurs commises afin de ne pas les reproduire. Dans ce cas, la démarche est « formative » et la note finale de l'étudiant au jeu importe peu. Dans un autre objectif, ce type de serious game se prête également à une potentielle évaluation « in-game » si nous laissons l'étudiant répondre sans correction immédiate. La démarche sera ici « sommative » puisqu'elle vise l'évaluation des connaissances de l'étudiant et la note deviendra importante.

C. Problématiques rencontrées et axes d'amélioration

Une limite majeure rencontrée a été la survenue de problèmes techniques lors de la réalisation du serious game. Sur les 73 étudiants randomisés dans le groupe SG, 4 n'ont pas pu réaliser le serious game pour problème technique et 22 en ont rencontrés mais ont pu néanmoins faire le jeu de manière complète. Ces problèmes sont massivement liés au jeu en lui-même (68,2%) par un « manque d'optimisation ». L'optimisation d'un jeu vidéo est un ensemble de techniques et d'astuces mises en place permettant de réduire le nombre d'instructions envoyées aux unités de calcul de l'ordinateur. Ces remarques ont été transmises à l'entreprise SimforHealth® qui était déjà informée de la situation et en cours de travail à sa résolution. Cette problématique est en grande partie liée au niveau de gamme proposé par ce type d'entreprise et peut être aisément résolue.

Ceci nous emmène directement à un autre sujet : l'accessibilité du serious game. Ce thème peut être vu comme une limite ou un avantage. En effet pour la réalisation de notre jeu sérieux, les étudiants devaient avoir un ordinateur suffisamment récent pour pouvoir le supporter et y jouer de manière

convenable. Cette étude a été réalisée en période pandémique, nous forçant de ce fait à demander aux étudiants de jouer de chez eux à partir de leurs ordinateurs personnels. Néanmoins, la nécessité d'une certaine gamme de matériel constitue un facteur empêchant pour une petite proportion d'étudiants qu'il est préférable de corriger par souci d'égalité en instaurant la réalisation de ces jeux sérieux dans une salle informatique ou en fournissant le matériel nécessaire par exemple. Ainsi, certaines universités françaises pallient à cela en fournissant l'équipement adéquat aux étudiants afin de pouvoir réaliser les différentes activités pédagogiques informatiques. Pour exemple, lors de la réforme du concours de l'internat en 2016, certaines universités prêtaient des tablettes tactiles aux étudiants afin qu'ils puissent s'entraîner aux modalités des examens dans des conditions réelles. Ces coûts peuvent paraître bien faibles en regard de ceux que représentent l'apprentissage par un évaluateur formé (coût horaire d'un médecin thésé ou d'un universitaire). De plus, la problématique de l'accessibilité est devenue finalement un avantage en cette période pandémique : les facultés ayant été longtemps fermées, un enseignement dispensé en distanciel par un serious game aurait permis aux étudiants une formation « quasi-pratique » de chez eux. La possibilité de suivre à distance chaque étudiant permet également à l'évaluateur de s'adapter et de se concentrer sur certains points pédagogiques de manière spécifique selon les erreurs faites.

Une limite qui peut être corrigée par la réalisation du jeu en présentiel dans une salle équipée était l'impossibilité d'évaluer certains paramètres tels que le temps passé par les étudiants sur le jeu, sur les corrections ou s'ils avaient regardé l'ensemble des informations cliniques. Dans notre étude, nous n'avions pas les moyens de mesurer ces données, nous étions simplement informés si les étudiants avaient ou non réalisé le jeu complètement ainsi que les réponses données aux QRM. Ces informations peuvent être intéressantes pour étudier les différentes méthodes d'apprentissage mais également pour évaluer le serious game comme méthode d'évaluation et non par comme simple exercice d'entraînement comme dans cette étude. Nous pourrions par exemple prendre en compte le temps passé sur le cas clinique et ses questions *versus* le temps passé sur les corrections, les méthodes de réponse des étudiants (réponses appliquées ou réponses par essais et erreurs pour accéder plus rapidement aux corrections), etc.

Une limite incontournable a été et sera toujours le coût de réalisation. L'écriture d'un scénario, son adaptation dans un jeu-vidéo, la création et la modélisation d'un avatar, l'animation de ses mouvements, la validation du scénario et des données par du personnel de santé qualifié, etc. sont des étapes clés indispensables qui représentent un coût humain et matériel non négligeables. Pour notre étude, le coût de production de la création du jeu sérieux « Un vertige brutal » n'a pas été révélée par l'entreprise SimForHealth pour des raisons de confidentialité et de concurrence. Ce jeu a pu être réalisé grâce au financement de la faculté de médecine de Bordeaux.

Toute création de nouvelle méthode pédagogique s'expose à une limite bien particulière : le choix du « gold standard ». L'évaluation des connaissances des étudiants dans cette étude s'est faite par un questionnaire de connaissance noté de 0 à 100 points. Même si ces QRM ont été rédigées de la même manière que celles proposées dans notre système éducatif, ils n'en restent pas moins une mesure étalon non standardisée. La difficulté de réaliser un tel étalonnage rend la plupart des études pédagogiques compliquées d'évaluation objective avec parfois des résultats d'étude inattendus. Certains serious games ne retrouvent pas toujours de différence significative entre le groupe jeu et le groupe contrôle : cela peut être expliqué soit par une mauvaise réalisation du SG, un suivi difficile de la population testée ou par une mauvaise maîtrise du « gold standard » (55) (66). Ainsi, même si un serious game n'entraîne pas d'amélioration sur les acquisitions à long terme dans certaines études, la motivation des joueurs n'en reste pas moins une raison valable pour les inclure à l'enseignement, permettant une plus grande variété de méthode d'apprentissage dans ce système éducatif très normé.

L'évaluation du niveau des étudiants dans notre étude passait par la réalisation d'un questionnaire de connaissance (**Annexe 2**) à deux reprises (**Figures 1 et 2**). Ce questionnaire, en dehors du fait qu'il nous servait de référence sans être un véritable gold standard pédagogique, n'évalue que les connaissances de l'étudiant vis-à-vis de questions précises. En effet, les QRM posent des questions très ciblées et même s'ils restent à l'état actuel un des moyens les plus efficaces d'évaluation de grandes promotions, cela n'en reste pas moins une méthode qui examine incomplètement l'ensemble des connaissances de l'étudiant.

Par ailleurs, il est important de préciser que tous les simulateurs visant l'éducation et la formation des professionnels de santé nécessitent d'être validés selon des critères de consensus (67) (68)

(69). Ce processus de validation comporte divers critères (validité apparente, validité de contenu, validité de construction, validité de concurrence et validité prédictive (70) (71) ainsi que la possibilité d'inclure le simulateur dans un programme de formation. La validité apparente mesure le degré de similitude avec la réalité clinique alors que la validité de contenu mesure le degré de similitude avec les informations qui sont supposées être communiquées au cours de la formation supervisée. Ces deux types de validité sont généralement mesurées à l'aide d'enquêtes de satisfaction remplies par des experts dans le domaine. La validité de construction représente la corrélation entre les compétences des élèves et leurs scores aux simulateurs ((72) (69)). Les validités de concurrence et la validité prédictive mesurent le degré de concordance entre le simulateur et les méthodes d'entraînement établies d'une part et le domaine de réalité représenté d'autre part. L'objectif de ce processus de validation est d'étudier la capacité du simulateur à améliorer ou évaluer le domaine concerné (69) et s'il est possible de l'inclure dans un programme pédagogique (73).

Comme expliqué précédemment, Epstein et Hundert rappellent que le concept de compétence chez un médecin ne se limite pas à la simple mémorisation de connaissances théoriques mais aussi et surtout à leur utilisation pertinente dans un contexte clinique (3). Même si le serious game créé pour cette étude permet sans doute (via son réalisme et sa capacité immersive) d'améliorer les compétences cognitives et de déduction clinique de l'étudiant, notre questionnaire ne permet qu'une évaluation basique des connaissances et est incapable de le prouver, aussi bien étalonné soit-il. Cette limite peut être dépassée en proposant par exemple des sessions interactives avec un vrai patient (ou un acteur) de type ECOS avant et après le serious game afin d'évaluer à la fois ses connaissances brutes théoriques, mais aussi de visualiser une potentielle amélioration de ses compétences (bonne réalisation de l'examen clinique, interrogatoire pertinent et adapté, explications médicales données et capacité de vulgarisation, démarche clinique expliquée aux évaluateurs, etc.). Ceci permettrait par exemple à l'enseignant de fixer une score de progression entre le avant et le après, nous libérant ainsi des problèmes de marge de progression pour les très bons étudiants que nous retrouvons en utilisant une notation classique.

De même, la compétence médicale est une entité évolutive et elle est fortement corrélée à l'expérience du praticien. Celle-ci permet d'être moins sensible aux biais cognitifs possibles lors d'une situation de stress (13). Un serious game est donc l'occasion de mimer au mieux une certaine réalité

clinique, de permettre aux étudiants d'acquérir de l'expérience et donc d'être moins perméables aux biais cognitifs et aux altérations du raisonnement médical. Encore une fois, une simple évaluation par QRM ne permet pas de mettre en évidence ce type de progrès cognitif, il ne peut être jaugé que par des sessions d'examen interactives *in vivo* entre médecin et patient (réel ou joué) ou, à défaut, par l'ajout d'un temps imparti lors d'un jeu mimant une situation pénible.

Les résultats particulièrement significatifs de notre étude peuvent être mis en balance par un biais de nouveauté. En effet, très peu de serious games sont proposés comme méthode d'apprentissage à l'Université de Bordeaux aux étudiants en médecine. La stimulation et l'intérêt provoqués par ce jeu se retrouvent dans les résultats au questionnaire de satisfaction des étudiants avec 93,20% des étudiants interrogés qui aimeraient que le serious game fasse partie intégrante de leur cursus d'apprentissage et 94,90% qui considèrent que le serious game est un moyen d'apprentissage utile pour leur formation (**Tableau 8**). Évidemment, nous pouvons nous demander si l'enthousiasme et les résultats aux questionnaires de connaissance resteraient les mêmes si les étudiants étaient « habitués » à ce type d'exercice. Afin de s'affranchir de ce biais, il serait intéressant de créer plusieurs serious games et de les faire réaliser aux étudiants sur une longue période afin de voir si les bénéfices tirés restent les mêmes.

Dans ce questionnaire de satisfaction, nous remarquons qu'à la question « Avez-vous eu le sentiment d'améliorer vos connaissances en matière de vertige à l'issue de ce serious game ? », 52 étudiants sur 59 soit 88,1% répondent positivement. Or, lorsque nous demandons d'autoévaluer leur niveau avant et après réalisation du SG par rapport au vertige d'origine ORL, on ne retrouve que 41 étudiants (69,5%) qui décrivent une amélioration. Le sens de ces deux questions est le même mais les taux de réponses différent : cela expose bien l'importance mais aussi la faiblesse de la formulation dans les questionnaires.

Comme évoqué précédemment, une notion discutable dans cet écrit était le calcul du nombre de sujets nécessaires à l'étude. Pour le calcul d'un n minimum, il était nécessaire de fixer un objectif de progression (par exemple : 20 points/100 soit une augmentation de 20%) et de proposer le questionnaire aux étudiants, leur faire réaliser le serious game et de soumettre de nouveau le test, permettant de calculer la variance à partir des moyennes obtenues. Cette étape n'a pas été réalisée car les étudiants sollicités devaient être nécessairement exclus de l'étude par la suite. Étant donné l'impossibilité d'évaluer le

nombre d'étudiants qui seraient volontaires, nous avons préféré inclure dans l'étude le plus grand nombre possible de sujets et de calculer a posteriori le n nécessaire. Le calcul a été fait avec une puissance (1-béta) de 90% et un risque d'erreur alpha de 5%. Pour une augmentation de 20% entre avant et après serious game, le n minimal était de 40 participants. Par chance, notre étude a largement dépassé ce nombre. Si une nouvelle étude venait à être réalisée avec un autre serious game et un autre questionnaire de connaissance, une évaluation préalable sur quelques étudiants serait nécessaire afin d'anticiper le nombre de sujets requis.

V. Conclusion :

Notre serious game autour du vertige en ORL semble être une réussite chez les étudiants sur le plan pédagogique et motivationnel. Ce serious game a montré son intérêt dans l'apprentissage des étudiants en médecine lorsqu'il est réalisé en plus de l'enseignement universitaire classique. L'engouement créé par le jeu et leur désir d'introduire ce type d'exercice dans leur cursus d'apprentissage sont des facteurs importants à prendre en compte dans les stratégies universitaires. A l'ère d'internet, les progrès incessants du numérique rendront les serious games de plus en plus accessibles (sur tablette ou sur téléphone) et pourraient représenter des outils d'entraînement pertinents chez les étudiants comme chez les médecins. Malgré l'efficacité des jeux sérieux, ils ne remplaceront jamais la pratique clinique en situation. Sous réserve d'une validation par un groupe d'experts selon les critères de consensus précédemment décrits, ce type de serious games pourrait néanmoins servir de tremplin entre l'apprentissage théorique indispensable et l'exercice clinique au chevet du patient, cap parfois difficile à franchir chez certains profils d'étudiants. La création de serious games est un challenge pédagogique car ils sont des outils d'apprentissage difficiles de réalisation : il est nécessaire de cibler correctement les objectifs pédagogiques avec l'enseignant et les accorder avec les attentes des étudiants. Il est également important de se baser sur la réalité clinique quotidienne afin de permettre un certain réalisme et ainsi, d'améliorer l'investissement des joueurs. Dans un futur proche, il serait particulièrement intéressant de réaliser plusieurs serious games sur une longue période afin de s'affranchir du biais de « nouveauté » et de réaliser des évaluations de connaissances à distance (6 mois, 1 an...) pour discuter de leurs intérêts sur le long terme.

ANNEXES

ANNEXE 1 :

Questionnaire de premier contact

- 1) Êtes-vous d'accord pour entrer dans l'étude « Serious Game, un vertige ORL » ?
 - Oui
 - Non

- 2) Quelle est votre année de naissance ? *Texte libre*

- 3) Comment êtes-vous parvenu en DFASM1 ?
 - Parcours classique (PACES → DFGSM2 → DFGSM3 →DFASM1)
 - Passerelle entre une autre catégorie d'étude vers les études de médecine

- 4) Est-ce votre première année de DFASM 1 (anciennement appelée DCEM 2 ou 4^{ème} année d'externat) ?
 - Oui
 - Non

- 5) Êtes-vous déjà passé en stage dans le service ORL pendant votre cursus ?
 - Oui
 - Non

ANNEXE 2 :

Questionnaire de connaissance Vertige ORL

Les réponses aux questions ne seront pas données aux étudiants avant la fin de l'étude

- 1) Concernant les propositions de tableau clinique si dessous, quelle(s) est/sont celle(s) pouvant correspondre à un tableau de névrite vestibulaire droite?
 - A) Nystagmus horizonto-rotatoire droit
 - B) Nystagmus horizonto-rotatoire gauche
 - C) Déviation vers la gauche à la manœuvre de Fukuda
 - D) Déviation vers la droite à la manœuvre des index
 - E) Absence de vomissement

Réponses : B et D

- 2) Concernant les propositions suivantes, quelle(s) est/sont celle(s) qui est/sont correcte(s) ?
 - A) Un nystagmus d'origine périphérique est horizonto-rotatoire à ressort
 - B) Un nystagmus d'origine périphérique est augmenté par l'absence de fixation oculaire
 - C) Un nystagmus d'origine périphérique n'est pas aboli par la fixation oculaire
 - D) Un nystagmus d'origine périphérique peut être multidirectionnel
 - E) La vidéonystagmoscopie (VNS) permet d'augmenter la fixation oculaire

Réponses : A et B

- 3) Quelles sont les caractéristiques d'un nystagmus d'origine périphérique ?
 - A) Horizonto-rotatoire

- B) Change de sens selon la direction du regard
- C) son sens est caractérisé par le sens de la phase rapide de rappel du globe oculaire
- D) Épuisable
- E) Vertical pur

Réponses : A, C et D

- 4) Concernant la prise en charge initiale dès l'apparition d'une névrite vestibulaire, quelle(s) est/sont la/les proposition(s) juste(s) ?
- A) Un traitement anti-émétique est indiqué
 - B) Un traitement par bétahistine (BETASERC®) est indiqué
 - C) Un traitement par injection rétro-tympanique d'un agent ototoxique est indiqué
 - D) Un traitement à visée hypopressionnelle ou diurétique est indiqué
 - E) Un traitement par acetylleucine (TANGANIL®) est indiqué

Réponses : A et E

- 5) Concernant le bilan clinique et paraclinique d'une névrite vestibulaire, quel(s) est/sont le/les proposition(s) juste(s) ?
- A) Des épreuves caloriques permettent de conforter le diagnostic et le côté de la névrite vestibulaire
 - B) Les épreuves caloriques peuvent être réalisées en urgence à l'entrée du patient
 - C) Une audiométrie tonale et vocale retrouvant une baisse d'audition doit faire remettre en cause le diagnostic initial de névrite vestibulaire
 - D) Une otoscopie normale sera retrouvée à l'examen clinique
 - E) Devant une névrite vestibulaire typique, une IRM des angles ponto-cérébelleux et encéphalique est indispensable pour éliminer un AVC

Réponses : A, C, et D

- 6) Concernant ces différents tableaux vertigineux, quel(s) est/sont celui/ceux correspondant à une névrite vestibulaire ?
- A) Vertiges rotatoires brefs, de quelques secondes, sans prodrome, déclenchés par les changements de position.
 - B) Crises vertigineuses répétées de quelques heures associées à une baisse d'audition unilatérale et à la survenue d'acouphènes.
 - C) Sensation d'ivresse ou d'instabilité récurrente
 - D) Crise rotatoire unique de plusieurs heures voire quelques jours, sans signe otologique (baisse d'audition ou acouphène) associé.
 - E) Grand vertige rotatoire isolé durant 20 mn

Réponse : D

- 7) Quels sont les tableaux vertigineux cliniques qui imposent de réaliser une IRM au premier épisode ?
- A) VPPB typique
 - B) Crise pressionnelle ménièreiforme typique (vertige + baisse auditive + acouphène)
 - C) Instabilité chronique avec baisse d'audition unilatérale
 - D) Névrite vestibulaire typique
 - E) Syndrome vestibulaire disharmonieux avec nystagmus changeant de sens dans les différentes directions du regard

Réponses : B, C et E

8) Concernant l'évolution d'une névrite vestibulaire quelle(s) est/sont la (les) proposition(s) exacte(s) ?

- A) Les vertiges rotatoires empêchant la marche dans une névrite vestibulaire typique durent généralement une dizaine de jours
- B) Les vomissements disparaissent le plus souvent en moins de 48h
- C) La station debout est le plus souvent possible 48h après le début des symptômes
- D) La rééducation de l'équilibre chez un kinésithérapeute est généralement possible dans les 48h premières heures
- E) Une névrite vestibulaire peut nécessiter une hospitalisation

Réponses : B, C et E

9) Concernant la compensation vestibulaire centrale, quelle(s) est(sont) la(les) proposition(s) exacte(s) ?

- A) Elle est favorisée par une reprise rapide de l'activité et notamment la marche
- B) Elle peut être évaluée par une vidéonystagmographie avec épreuves caloriques
- C) Elle est favorisée par la rééducation vestibulaire
- D) Elle est favorisée par le TANGANIL® (acétylleucine)
- E) Elle est plus rapide en cas de pathologie visuelle associée

Réponses : A, B et C

10) Par quel(s) mécanisme(s) un cholestéatome peut-il est responsable de grands vertiges rotatoires?

- A) Compression du nerf vestibulaire par le cholestéatome
- B) Érosion du labyrinthe par le cholestéatome
- C) Surinfection de l'oreille moyenne provoquant une labyrinthite infectieuse

D) Brèche ostéoméningée liée au cholestéatome

E) Compression du nerf facial par le cholestéatome

Réponses : B et C

Pondération (l'ensemble sur 100 points) :

Chaque question = 10 points

1 proposition mauvaise/oubliée = - 5 points sur la question

2 propositions mauvaises/oubliées = - 10 points sur la question

ANNEXE 3 :

Questionnaire de satisfaction

1) Avez-vous rencontré un problème technique pour la réalisation du Serious Game ?

- Oui
- Non

Si oui, lequel/lesquels ? :

2) Sur quel(s) support(s) avez-vous travaillé le module ORL, plusieurs réponses possibles ?

- Cours magistraux
- Référence nationale (appelée aussi polycopié national), soit le Référentiel Collège ORL aux éditions Masson.
- E-learning sur votre ENT de faculté
- Autres : livres non référencés « référentiel collège ORL »

3) *Avant* la réalisation de ce serious game, comment évalueriez-vous votre niveau concernant la prise en charge d'un vertige en ORL ?

- Bon
- Moyen
- Mauvais

4) *Après* la réalisation de ce serious game, comment évalueriez-vous votre niveau concernant la prise en charge d'un vertige en ORL ?

- Bon
- Moyen

- Mauvais
- 5) Avez-vous eu le sentiment d'améliorer vos connaissances en matière de vertige à l'issue de la réalisation de ce serious game ?
- Oui
 - Non
- 6) Considérez-vous le serious game en simulation de consultation comme un moyen d'apprentissage utile pour votre formation ?
- Oui
 - Non
- 7) La réalisation du Serious Game vous a-t-elle incité à retravailler le sujet de la névrite vestibulaire dans vos cours ?
- Oui
- Non
- 8) Souhaiteriez-vous que la simulation par Serious Game fasse partie de votre cursus d'apprentissage ?
- Oui
 - Non
- 9) Comment noteriez-vous l'immersion ressentie lors de la réalisation de ce Serious Game ?
- Immersion = mise en condition réelle
- Excellent
 - Très bon

- Bon
- Mauvais
- Très mauvais

10) La durée nécessaire à la réalisation de ce Serious Game vous paraît-elle en adéquation avec le bénéfice pédagogique que vous en avez tiré ?

- Le serious game était trop long
- Le serious game était trop court
- Le serious game était de durée adaptée

Bibliographie

1. Haoran G, Bazakidi E, Zary N. Serious Games in Health Professions Education: Review of Trends and Learning Efficacy. *Yearb Med Inform.* 2019 Aug;28(01):240–8.
2. Rapport l'évaluation des compétences des professionnels HAS 2015.pdf.
3. Epstein RM. Defining and Assessing Professional Competence. *JAMA.* 2002 Jan 9;287(2):226.
4. Leape LL, Brennan TA, Laird N, Lawthers AG, Localio AR, Barnes BA, et al. The Nature of Adverse Events in Hospitalized Patients: Results of the Harvard Medical Practice Study II. *N Engl J Med.* 1991 Feb 7;324(6):377–84.
5. Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine. *To err is human, building a safer health system.* USA; 2000.
6. Reznick RK. Teaching Surgical Skills — Changes in the Wind. *N Engl J Med.* 2006;6.
7. Flin R, O'Connor P, Crichton M. *Safety at the sharp end : A guide to non-technical skills.* CRC press. 2008. (Boca Raton).
8. Kahneman D. *Système 1 Système 2 : Les deux vitesses de la pensée.* 2011. (Flammarion).
9. Pelaccia T, Tardif J, Tribby E, Charlin B. An analysis of clinical reasoning through a recent and comprehensive approach: the dual-process theory. *Med Educ Online.* 2011 Jan;16(1):5890.
10. Pelaccia T, Tardif J, Tribby E, Ammirati C, Bertrand C, Charlin B. Comment les médecins raisonnent-ils pour poser des diagnostics et prendre des décisions thérapeutiques ? Les enjeux en médecine d'urgence. *Ann Fr Médecine Urgence.* 2011 Jan;1(1):77–84.
11. Norman GR, Brooks LR, Colle CL, Hatala RM. The Benefit of Diagnostic Hypotheses in Clinical Reasoning: Experimental Study of an Instructional Intervention for Forward and Backward Reasoning. *Cogn Instr.* 1999;17(4):433–48.
12. Pierre, Hofinger, Buerschaper, Simon. *Crisis Management in Acute Care Settings.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2011.
13. Schubert CC, Denmark TK, Crandall B, Grome A, Pappas J. Characterizing Novice-Expert Differences in Macrocognition: An Exploratory Study of Cognitive Work in the Emergency Department. *Ann Emerg Med.* 2013 Jan;61(1):96–109.
14. Fleming N. *Teaching and Learning Styles: VARK Strategies.* Christ Church. New Zealand. 2012.
15. Urval RP, Kamath A, Ullal S, Shenoy AK, Shenoy N, Udupa LA. Assessment of learning styles of undergraduate medical students using the VARK questionnaire and the influence of sex and academic performance. *Adv Physiol Educ.* 2014 Sep;38(3):216–20.
16. Bin Eid A, Almutairi M, Alzahrani A, Alomair F, Albinhamad A, Albarrak Y, et al. Examining Learning Styles with Gender Comparison Among Medical Students of a Saudi University. *Adv Med Educ Pract.* 2021 Mar;Volume 12:309–18.
17. Paiboonsithiwong S, Kunanithaworn N, Songtrijuck N, Wongpakaran N, Wongpakaran T. Learning styles, academic achievement, and mental health problems among medical students in Thailand. *J Educ Eval Health Prof.* 2016 Oct 31;13:38.

18. Stirling BV, Alquraini WA. Using VARK to assess Saudi nursing students' learning style preferences: Do they differ from other health professionals? *J Taibah Univ Med Sci*. 2017 Apr;12(2):125–30.
19. Retrosi G, Morris M, McGavock J. Does Personal Learning Style Predict the Ability to Learn Laparoscopic Surgery? A Pilot Study. *J Laparoendosc Adv Surg Tech*. 2019 Jan;29(1):98–102.
20. Kolb DA. *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Second edition. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc; 2015. 390 p.
21. van Gaalen AEJ, Brouwer J, Schönrock-Adema J, Bouwkamp-Timmer T, Jaarsma ADC, Georgiadis JR. Gamification of health professions education: a systematic review. *Adv Health Sci Educ*. 2021 May;26(2):683–711.
22. Kahn J, Elinor Wright S. *Human growth and the development of personality*. 1980. 252 p. (Oxford : Pergamon Press).
23. Platon. *La République : Nouvelle*. Flammarion. Paris; 2002. 801 p.
24. Montaigne. *Essais*. Folio. 2009. 2208 p.
25. Painsard S. Les jeux pédagogiques : « déguiser en forme de jeux les sciences » [Internet]. Available from: <http://regards-enfance.edel.univ-poitiers.fr/les-jeux-pedagogiques-deguiser-en-forme-de-jeux-les-sciences-jean-desmarets-de-saint-sorlin-s-painsard/>
26. Vauthier E. Le jeu en classe, un mode d'apprentissage efficace. *Cahier pédagogiques N°488* [Internet]. Available from: <https://www.cahiers-pedagogiques.com/un-mode-d-apprentissage-efficace/>
27. Djaouti D, Alvarez J, Jessel J-P, Rampnoux O. Origins of Serious Games. In: Ma M, Oikonomou A, Jain LC, editors. *Serious Games and Edutainment Applications* [Internet]. London: Springer London; 2011 [cited 2021 Jan 4]. p. 25–43. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-2161-9_3
28. SELL. SELL - Le marché mondial du jeu vidéo en 2019. Available from: <https://www.sell.fr/news/le-marche-francais-du-jeu-video-en-quelques-chiffres>
29. Kellner C. *La médiation par le cédérom « ludo-éducatif » : Approche communicationnelle*. [Metz]; 2000.
30. Alvarez J. *Du jeu vidéo au serious game*. 2007;445.
31. WoWinSchool / FrontPage [Internet]. [cited 2021 Jan 25]. Available from: <http://wowinschool.pbworks.com/w/page/5268731/FrontPage>
32. Réseau Ludus : jouer en classe [Internet]. Réseau Ludus : jouer en classe. [cited 2021 Jan 25]. Available from: <http://www.lepetitjournaldesprofs.com/reseauludus/>
33. Piano Stairs [Internet]. Design of the World. 2010 [cited 2021 Jan 25]. Available from: <https://www.designoftheworld.com/piano-stairs/>
34. Badges [Internet]. Khan Academy. [cited 2021 Jan 25]. Available from: <https://www.khanacademy.org/badges>
35. Noël K. De prof de physique à entrepreneur grâce à Classcraft [Internet]. *L'actualité*. [cited 2021 Jan 30]. Available from: <https://lactualite.com/lactualite-affaires/de-prof-de-physique-a-entrepreneur/>
36. Sanchez E, Young S, Jouneau-Sion C. *Classcraft: from gamification to ludicization*. :11.

37. Julian Alvarez. Apprendre avec les serious games. Canopé. 2017. 132 p.
38. Quels usages pour les jeux électroniques en classe.pdf.
39. Yumpu.com. A game in the classroom, what do the students learn - ESERA [Internet]. yumpu.com. [cited 2021 Jan 31]. Available from: <https://www.yumpu.com/en/document/read/38519486/a-game-in-the-classroom-what-do-the-students-learn-esera>
40. When_games_meet_learning.pdf.
41. Lure of the Labyrinth [Internet]. MIT Scheller Teacher Education Program. 2018 [cited 2021 Jan 31]. Available from: <https://education.mit.edu/project/lure-of-the-labyrinth/>
42. Samuel Rufat et Hovig Ter Minassian. Les jeux vidéos comme objet de recherche [Internet]. 2011. Available from: <https://journals.openedition.org/questionsdecommunication/7046>
43. Green CS, Bavelier D. Action video game modifies visual selective attention. *Nature*. 2003 May;423(6939):534–7.
44. MBBChir SK. Evaluation of the Console in Acquiring Laparoscopic Skills through Video Gaming. 2019;00(00):9.
45. Nickel F, Hendrie JD, Bruckner T, Kowalewski KF, Kenngott HG, Müller-Stich BP, et al. Successful learning of surgical liver anatomy in a computer-based teaching module. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2016 Dec;11(12):2295–301.
46. Giannotti D, Patrizi G, Di Rocco G, Vestri AR, Semproni CP, Fiengo L, et al. Play to Become a Surgeon: Impact of Nintendo Wii Training on Laparoscopic Skills. Mandell MS, editor. *PLoS ONE*. 2013 Feb 27;8(2):e57372.
47. Graafland M, Bemelman WA, Schijven MP. Game-based training improves the surgeon's situational awareness in the operation room: a randomized controlled trial. *Surg Endosc*. 2017 Oct;31(10):4093–101.
48. Patrick Haubruck and al. Evaluation of App-Based Serious Gaming as a Training Method in Teaching Chest Tube Insertion to Medical Students: Randomized Controlled Trial [Internet]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5987048/>
49. Lennquist Montán K, Hreckovski B, Dobson B, Örténwall P, Montán C, Khorram-Manesh A, et al. Development and evaluation of a new simulation model for interactive training of the medical response to major incidents and disasters. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2014 Aug;40(4):429–43.
50. Dr. Po-Li Tan Ph.D., Dr. D.B. Hay Ph.D., Mr. Eric Whaites F.D.S., F.R.C.R., D.D.R., M.Sc., L.D.S., B.D.S. Implementing E-Learning in a Radiological Science Course in Dental Education: A Short-Term Longitudinal Study. *J Dent Educ*. 2009;
51. Daniel Schwarz 1 , Petr Štourač, Martin Komenda, Hana Harazim, Martina Kosinová, Jakub Gregor, Richard Hůlek, Olga Smékalová, Ivo Křikava, Roman Štoudek, Ladislav Dušek. Interactive algorithms for teaching and learning acute medicine in the network of medical faculties MEFANET. 2013; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23835586/>
52. Tubelo RA, Portella FF, Gelain MA, de Oliveira MMC, de Oliveira AEF, Dahmer A, et al. Serious game is an effective learning method for primary health care education of medical students: A randomized controlled trial. *Int J Med Inf*. 2019 Oct;130:103944.
53. Chittaro L, Sioni R. Serious games for emergency preparedness: Evaluation of an interactive vs. a non-interactive simulation of a terror attack. *Comput Hum Behav*. 2015 Sep;50:508–19.

54. Proaps AB, Bliss JP. The effects of text presentation format on reading comprehension and video game performance. *Comput Hum Behav.* 2014 Jul;36:41–7.
55. Jaunay L-B, Zerr P, Peguin L, Renouard L, Ivanoff A-S, Picard H, et al. Development and Evaluation of a New Serious Game for Continuing Medical Education of General Practitioners (Hygie): Double-Blinded Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res.* 2019 Nov 20;21(11):e12669.
56. Cuesta-Gómez A, Sánchez-Herrera-Baeza P, Oña-Simbaña ED, Martínez-Medina A, Ortiz-Comino C, Balaguer-Bernaldo-de-Quirós C, et al. Effects of virtual reality associated with serious games for upper limb rehabilitation in patients with multiple sclerosis: randomized controlled trial. *J NeuroEngineering Rehabil.* 2020 Dec;17(1):90.
57. Mack I, Reiband N, Etges C, Eichhorn S, Schaeffeler N, Zurstiege G, et al. The Kids Obesity Prevention Program: Cluster Randomized Controlled Trial to Evaluate a Serious Game for the Prevention and Treatment of Childhood Obesity. *J Med Internet Res.* 2020 Apr 24;22(4):e15725.
58. Collège des enseignants de neurologie. Référentiel Collège de Neurologie. ELSEVIER/MASSON. 2019. (Référentiels des Collèges).
59. Newman-Toker DE, Hsieh Y-H, Camargo CA, Pelletier AJ, Butchy GT, Edlow JA. Spectrum of Dizziness Visits to US Emergency Departments: Cross-Sectional Analysis From a Nationally Representative Sample. *Mayo Clin Proc.* 2008 Jul;83(7):765–75.
60. Neuhauser HK. The epidemiology of dizziness and vertigo. In: *Handbook of Clinical Neurology* [Internet]. Elsevier; 2016 [cited 2020 Nov 8]. p. 67–82. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780444634375000054>
61. Ozono Y, Kitahara T, Fukushima M, Michiba T, Imai R, Tomiyama Y, et al. Differential diagnosis of vertigo and dizziness in the emergency department. *Acta Otolaryngol (Stockh).* 2014 Feb;134(2):140–5.
62. Newman-Toker DE. Missed stroke in acute vertigo and dizziness: It is time for action, not debate: Missed Stroke in Acute Vertigo. *Ann Neurol.* 2016 Jan;79(1):27–31.
63. Baillifard A, Thurre-Millius A. Guide pour la création de questionnaire à choix multiples [Internet]. Available from: <https://digitalskills.unidistance.ch/wp-content/uploads/2020/04/GuidePedagoQuiz.pdf>
64. Guide de rédaction des QCM, S. Puget - DIU pédagogie médicale.pdf.
65. Dessus P, Tarbouriech N. Cours Evaluer les apprentissages, MEEF-PIF. :101.
66. Alyami H, Alawami M, Lyndon M, Alyami M, Coomarasamy C, Henning M, et al. Impact of Using a 3D Visual Metaphor Serious Game to Teach History-Taking Content to Medical Students: Longitudinal Mixed Methods Pilot Study. *JMIR Serious Games.* 2019 Sep 26;7(3):e13748.
67. Granry et Moll 2012. HAS - Guide des bonnes pratiques en matière de simulation en santé. 2012.
68. Carter FJ, Schijven MP, Aggarwal R, Grantcharov T, Francis NK, Hanna GB, et al. Consensus guidelines for validation of virtual reality surgical simulators. *Surg Endosc.* 2005 Dec;19(12):1523–32.
69. van Dongen KW, Tournioij E, van der Zee DC, Schijven MP, Broeders IAMJ. Construct validity of the LapSim: Can the LapSim virtual reality simulator distinguish between novices and experts? *Surg Endosc.* 2007 Aug;21(8):1413–7.
70. Barsom EZ, Graafland M, Schijven MP. Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training. *Surg Endosc.* 2016 Oct;30(10):4174–83.

71. Van Nortwick SS, Lendvay TS, Jensen AR, Wright AS, Horvath KD, Kim S. Methodologies for establishing validity in surgical simulation studies. *Surgery*. 2010 May;147(5):622–30.
72. Ritter EM, Gallagher AG. Objective psychomotor skills assessment of experienced and novice flexible endoscopists with a virtual reality simulator. *Gastrointest Surg*. 2003;7(7):8.
73. Aussedat Charles. *Simulation en réalité virtuelle : vers un nouveau paradigme de formation en audiométrie*. CHRU Tours; 2019.

SERMENT D'HIPPOCRATE :

Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité.

Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission.

Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque.