

Analyse commerciale d'un outil de réalité augmentée en enseignement et en consultations médicales.

Auteur : Pirotte, Marie

Promoteur(s) : Schyns, Michael

Faculté : HEC-Ecole de gestion de l'Université de Liège

Diplôme : Master en sciences de gestion, à finalité spécialisée en management général (Horaire décalé)

Année académique : 2020-2021

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/11317>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



ANALYSE COMMERCIALE D'UN OUTIL DE RÉALITÉ AUGMENTÉE EN ENSEIGNEMENT ET EN CONSULTATIONS MÉDICALES.

Promoteurs : **SCHYNS Michaël**
DEFAWEUX Valérie

Lecteur(s) : **BONNET Pierre**
ETIENNE Élodie

Travail de fin d'études présenté par

PIROTTE Marie

en vue de l'obtention du diplôme de

Master en Sciences de Gestion

Année académique 2020/2021

REMERCIEMENTS

Au terme de la réalisation de ce mémoire, je tiens à remercier mon promoteur de la faculté d'HEC, le Professeur Michaël SCHYNS, de m'avoir permis de réaliser ce travail de fin d'étude sous sa supervision.

Je remercie également ma promotrice de la faculté de médecine, le Docteur Valérie DEFAWEUX, pour sa relecture et ses remarques judicieuses qui m'ont permis d'approfondir mes réflexions.

Un grand merci à Alexis JACQUEMIN et Quentin DECHARNEUX pour leur temps et leurs réponses à mes nombreuses questions techniques.

Merci également au Professeur Pierre BONNET et à Elodie ETIENNE d'avoir accepté d'être lecteurs de ce mémoire. J'espère que vous passerez un agréable moment.

J'adresse toute ma gratitude à mes amies Julie SMEETS et Tatiana WARTEL qui ont égayé les (parfois) longues soirées de cours, qui ont partagé mon travail et m'ont rappelé à de nombreuses reprises les enjeux de ce master. Le COVID nous a empêché de partager autant de bons moments que nous aurions souhaités mais ce n'est que partie remise.

Un merci tout particulier à ma meilleure amie, Aurore DELVENNE, et à mon compagnon, Renaud HOYOUX, qui découvrent chaque jour un peu plus à quel point mes projets me passionnent, m'animent et parfois me bouleversent. Merci de m'écouter, parfois longuement, refaire le monde.

Et finalement, comme toujours, merci à mes deux plus grands supporters, mes parents. On dit « jamais deux sans trois » mais le 4^e est déjà en cours de rédaction. Je m'arrêterai peut-être un jour. En attendant, je peux toujours compter sur vous, c'est mon cadeau le plus précieux.

RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail est de chercher à identifier la ou les solution(s) pour répondre à une problématique forte : la non-connaissance ou la méconnaissance des sciences morphologiques chez les étudiants en faculté de médecine et auprès de patients.

La réalisation d'une brève étude de marché a mis en évidence qu'aucun des produits existant ne répond efficacement à l'entièrement des besoins des segments de marchés identifiés : enseignement et consultation. En effet, outre le manque de validité scientifique, aucun produit intégrant les disciplines de l'anatomie et de l'histologie n'a été identifiés. De plus, aucun de ces outils ne peut être personnalisé par le médecin et donc personnalisé pour le patient, sa pathologie, ses spécificités et ses comorbidités. Ainsi, nous avons identifié une opportunité de positionnement répondant à la fois à la problématique du manque de connaissances médicales et anatomiques mais également à un manque d'outils personnalisables.

Le produit proposé, tel qu'il a également pu être présenté dans la partie *preuve de concept* répond à la problématique en se démarquant de la concurrence de plusieurs façons : sa nature 3D reposant sur une technologie de réalité augmentée, ses modèles macroscopiques et microscopiques hautement personnalisables intégrant l'anatomie et l'histologie et l'adéquation avec les objectifs des enseignants et des médecins.

Finalement, l'entreprise s'ancre dans une démarche scientifique forte qui tend à valider l'outil tant d'un point de vue anatomique que scientifique notamment via sa construction directement basée sur de l'imagerie médicale et son co-développement avec des anatomistes et histologistes universitaires garantissant ainsi son exactitude.

Une simulation du modèle commercial de la solution proposée a été réalisée. La société, telle que décrite, serait rentable au bout de la deuxième année. Le bilan de la société, quant à lui, serait négatif pendant les 3 premières années suivant sa constitution mais devient positif au terme de la 4e année. Une levée de fonds de plus de 250.000€ serait également nécessaire à la création de cette entreprise. Les objectifs de la société sont de devenir leader du marché européen concernant la commercialisation de produits de RA à destination de l'enseignement et de la consultation.

En conclusion, ce travail a permis de décrire une problématique et d'identifier une opportunité de placement. Une solution répondant à cette opportunité a été proposée et conçue afin de présenter une preuve de concept. Finalement, une stratégie d'entreprise et une simulation de commercialisation a été modélisé et a permis de mettre en évidence la viabilité d'un tel projet si celui-ci était lancé.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction - Problématique

1	En enseignement	1
2	En consultations	5

Étude de marché

1	Étude marketing préliminaire en enseignement	9
1.1	Contexte de l'étude marketing préliminaire	9
1.2	Design de recherche.....	10
A.	Données primaires et secondaires	10
B.	Type de design	10
C.	Instrument utilisé, échantillon idéal et mode d'administration du questionnaire.	11
D.	Plan d'analyse des données.....	11
1.3	Résultats des étudiants.....	12
1.4	Résultats des enseignants.....	13
1.5	Interprétation des résultats.....	15
2	Analyse de la concurrence.....	17
2.1	Le manque de connaissances médicales en consultation.....	17
2.2	Le manque de connaissances anatomiques en consultation et en enseignement.....	17
3	Positionnement	20
4	Les outils de réalité augmentée sur des marchés proches.	21
5	PESTEL.....	22

Solution proposée

1	Le choix de l'outil	25
2	L'imagerie médicale.....	26
3	La modélisation 3D	27

4	L'application de réalité augmentée	31
---	--	----

Stratégie du projet

1	Plan de développement.....	33
1.1	Commercial	33
A.	Segmentation.....	33
B.	Ressources humaines	34
C.	Ressources commerciales	35
1.2	Innovation.....	36
A.	Politique de R&D.....	36
B.	Élargissement de l'offre	37
2	SWOT.....	37

Preuve de concept

1	L'urologie et les pathologies urologiques	39
2	Le module système néphro-urinaire proposé	40
2.1	Niveau corps	40
2.2	Niveau rein	41
2.3	Le niveau lobe	43
2.4	Niveau glomérule	44
3	Méthodes de validation	46
3.1	La validation scientifique	46
3.2	La validation de l'utilisabilité.....	46
3.3	La validation de l'implémentation.....	47

Commercialisation

1	Contexte	49
2	Business model canevas	50

3	Centres de coûts	52
3.1	Frais de constitution.....	52
3.2	Frais légaux.....	52
3.3	Frais de fonctionnement	52
3.4	Les frais de promotions	53
3.5	Salaires.....	53
4	Centres de revenus	55
4.1	L'enseignement en faculté de médecine.....	55
4.2	L'enseignement élargi	55
4.3	Les consultations médecins/patients.....	56
4.4	Le téléchargement direct sur les plateformes	56
5	Analyse de la balance et du bilan	60
Perspectives		
1	Emploi	61
2	Développement.....	61
3	Ventes.....	62
4	Finalité.....	62
Discussion - Conclusion		

INTRODUCTION - PROBLÉMATIQUE

INTRODUCTION - PROBLÉMATIQUE

La compréhension et l'apprentissage des sciences morphologiques humaines, ici l'anatomie et l'histologie, sont connus, depuis de nombreuses années, comme matières difficiles pour les étudiants en facultés de médecine [1]. Néanmoins, des études plus récentes ont montré que les patients éprouvaient également des difficultés à comprendre les terminologies médicales et anatomiques et à se représenter leur propre corps [2], [3]. Cela pourrait entraîner des mécompréhensions des pathologies et une faible adhésion thérapeutique [4]. Ces difficultés peuvent aisément s'expliquer par la complexité de se représenter des structures 3D, des structures internes au corps mais également des microstructures non visualisables à l'œil nu [1], [5], [6]. Des technologies numériques telles que les modèles anatomiques 3D sont des outils qui pourraient faciliter l'apprentissage des sciences morphologiques en faculté de médecine et auprès de patients [7], [8].

1 En enseignement

La compréhension et l'apprentissage des sciences morphologiques humaines concernent en premier lieu les étudiants dès les premières années en faculté de médecine. Les sciences morphologiques sont les sciences qui étudient la structure des êtres vivants. Elles regroupent l'anatomie, étude de la structure et de la forme des êtres organisés ainsi que des rapports entre leurs différents organes, et l'histologie, spécialité médicale et biologique qui étudie, au microscope, la structure et l'organisation des tissus des êtres vivants [9]. La compréhension de l'organisation de ces différentes structures macroscopiques et microscopiques est essentielle et nécessaire afin de comprendre le fonctionnement des organismes qui les occupent. Cette compréhension a un impact direct sur leurs apprentissages ultérieurs durant leurs études mais également sur leur pratique médicale professionnelle [5], [7]. En tant que futurs médecins, ils seront également responsables de la transmission de ces informations anatomiques et médicales à leurs futurs patients.

Nombreux sont les auteurs qui parlent d'un enseignement des sciences morphologiques en crise. En effet, des réformes successives de cursus universitaires de la médecine, et ce dans différents pays, tendent à réduire la durée du cursus et le nombre d'heures disponibles pour l'enseignement des sciences fondamentales au profit de matières cliniques. Ainsi, les équipes pédagogiques des sciences morphologiques ont également vu le temps disponible pour l'enseignement de ces

dernières diminuer au détriment des travaux pratiques [5], [10]. Cela a été le cas à l'ULiège, lors de la réforme des études médicales en 2009 où le nombre d'heures de travaux pratiques a été réduit et en 2012 lors du passage des études médicales à 6 ans au lieu de 7.

Au cours des dernières décennies, les modèles d'enseignement en médecine ont changé. Nous sommes passés d'un modèle d'enseignement passif et centré sur l'enseignant, l'« enseignement », à un modèle actif, une approche clinique et centré sur l'étudiant, l'« apprentissage » [7]. L'étudiant devient ainsi responsable de son apprentissage et l'enseignant facilitateur et personne ressource [10]. Face à une expansion du nombre d'étudiants et à de plus en plus de diversifications dans leurs profils, l'approche centrée sur l'apprenant devient la norme [11].

Les sciences morphologiques s'ancrent bien dans ce modèle d'apprentissage puisqu'elles doivent être enseignées en compétences, dans un contexte clinique. Le recours à des vignettes cliniques, par exemple, permettent aux étudiants de comprendre la pertinence de l'apprentissage d'un cours d'anatomie [6].

Historiquement, l'enseignement en faculté de médecine était fractionné. Chaque enseignant ou groupe d'enseignants donnaient un cours ou plusieurs cours liés à leur spécialité et isolé des autres cours. Nous retrouvons, par exemple, un cours d'anatomie, un cours de physiologie, un cours de biochimie... Cependant, des réformes du cursus universitaire en médecine, et ce dans de nombreux pays, ont favorisé un enseignement par module. Chaque module s'attarde sur la compréhension d'un système du corps humain – respiratoire, cardiovasculaire, nerveux... - pour lesquels plusieurs enseignants sont mobilisés. Cette nouvelle architecture en module interroge l'organisation des travaux pratiques [12].

Ces réformes successives, ont également amené les enseignants des sciences morphologiques à changer leur support d'apprentissage. Historiquement, il se limitait à des conférences didactiques, des dissections et de la visualisation au microscope optique.

Depuis des siècles, l'anatomie était enseignée lors de conférences didactiques et donc, à l'oral. Bien que cette méthode d'enseignement soit passive, elle permettait de transmettre l'information à de grands groupes d'étudiants. Elle invitait également l'orateur à synthétiser en peu de temps les informations afin de clarifier les concepts complexes [7]. Ces conférences didactiques permettent également à l'orateur de communiquer son enthousiasme aux apprenants [6]. Néanmoins, ce mode

d'enseignement passif tend à favoriser une étude de mémorisation de la matière plutôt superficielle au lieu d'une compréhension en profondeur de cette dernière [10]. Ces conférences didactiques ont progressivement été accompagnées de notes et dessins à la craie puis de l'utilisation de transparent ou de présentation PowerPoint.

L'étude de l'anatomie nécessite de mobiliser deux stratégies d'apprentissage : la mémorisation de la terminologie technique et la compréhension des relations tridimensionnelles des différentes structures du corps. La dissection est connue comme facilitant l'utilisation de ces stratégies d'apprentissage notamment par l'implication des étudiants dans la recherche de structures qui mène à un engagement pédagogique et à la participation active des étudiant, un apprentissage autonome et avec les pairs permettant la discussion en petits groupes. La dissection ne permet pas seulement à l'étudiant d'avoir une vue tridimensionnelle des structures anatomiques mais également de confronter ses apprentissages théoriques, de développer son sens de l'observation et d'apprécier les variabilités entre individus et par rapports aux livres [1], [10]. La dissection permet également aux étudiants d'avoir une première expérience pratique des instruments, du matériel biologique et des cadavres ; ce dernier leur permettant d'appréhender leurs futures valeurs professionnelles, le travail coopératif et le respect de la vie humaine [10], [13].

A l'origine, la dissection était l'essence même d'un cours d'anatomie. Cela s'explique par le fait que la dissection était la seule méthode permettant une visualisation tridimensionnelle des structures internes du corps [10]. Des études ont montré que la dissection permettait aux étudiant de maîtriser les connaissances structurelles. Les étudiants considèrent d'ailleurs la dissection comme indispensable dans l'étude de l'anatomie [14], [15].

Néanmoins, la dissection présente plusieurs contraintes : la difficulté de pourvoir un nombre suffisant de cadavres, le coût, le temps nécessaire à sa réalisation, l'impact émotionnel sur certains étudiants et les considérations éthiques [10], [13].

Concernant la microscopie, de nombreux domaines de la recherche fondamentale et de l'anatomie pathologique clinique utilisent quotidiennement des lames histologiques comprenant des sections d'organes. Dans leur pratique, le partage entre experts tient une place très importante. Toutefois, échanger à plusieurs autour d'une lame histologique s'avère peu aisé. Les avancées technologiques et surtout la possibilité de numériser les lames ont rendu possible la consultation de ces dernières directement sur un écran d'ordinateur. Des logiciels permettent ensuite de parcourir

numériquement l'image de la lame comme lors de l'utilisation d'un microscope optique standard. C'est ce que l'on appelle couramment la microscopie virtuelle [16].

Traditionnellement, l'enseignement pratique de l'histologie se fait dans des salles de travaux pratiques à l'aide de lames histologiques et de microscopes optiques. Cependant, différents professeurs ont profité du développement de la microscopie virtuelle pour l'intégrer au sein de leurs méthodes d'apprentissage. L'utilisation de la microscopie virtuelle au sein des enseignements d'études supérieures comprend de nombreux avantages [17], [18]:

- Option économique car la mise à disposition de matériel informatique est généralement moins onéreuse que la mise à disposition d'une salle de travaux pratiques comprenant des microscopes et des lames de verre devant être régulièrement réparés ou remplacés ;
- Visualisation par l'ensemble des étudiants, de la même coupe, généralement d'une qualité optimale et la plus représentative de la matière à enseigner ;
- Mise à disposition des étudiants des lames rares sans risque de les détériorer ;
- Discussion entre étudiants à propos de la même coupe en la visualisant simultanément et ce, même sur une plateforme multimédia ;
- Possibilité d'annotation des coupes, ce qui n'était pas le cas précédemment ;
- Accès aux coupes histologiques à tout moment et en tous lieux puisque ces dernières sont accessibles sur tout ordinateur pourvu d'une connexion internet ;
- Intégration au sein de scénarisations pédagogiques proposées via les LMS (*Learning Management System*) institutionnel.

En conclusion, face aux difficultés que représentent l'apprentissage des sciences morphologiques, à la réduction du nombre d'heures disponibles à leur enseignement, à la nouvelle approche d'apprentissage centrée sur l'apprenant et en module ainsi qu'à l'émergence de nouvelles technologies d'enseignement, repenser les outils optimisant l'apprentissage est devenu un incontournable.

2 En consultations

En 2017, le nombre moyen de nouveaux séjours à l'hôpital et les contacts avec le service d'urgence en Belgique étaient de 16 947 par jour. Bien que la durée de séjour moyen a diminué d'une journée au cours de ces dix dernières années, on observe, sur cette même période, une augmentation de 13,9% des contacts et séjours dans les hôpitaux généraux belges. Le flux de patients passant quotidiennement en milieu hospitalier est plus que jamais important (Figure 1).

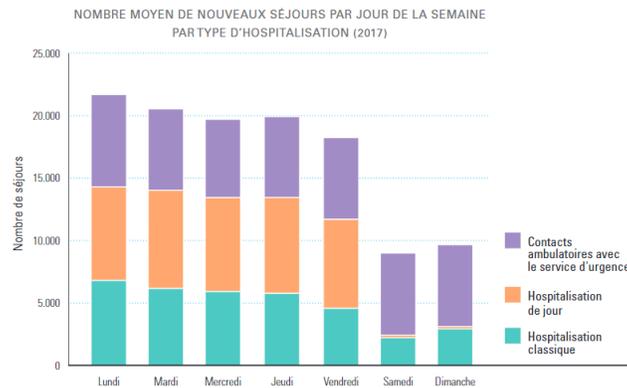


Figure 1 : Nombre moyen de nouveaux séjours par jour de la semaine par type d'hospitalisation [19]

Les raisons les plus courantes pour les hospitalisations classiques et de jour en hôpital sont liées aux maladies du système digestif, aux admissions pour l'administration de chimiothérapie et d'immunothérapie et aux maladies du système nerveux (Figure 2) [19].

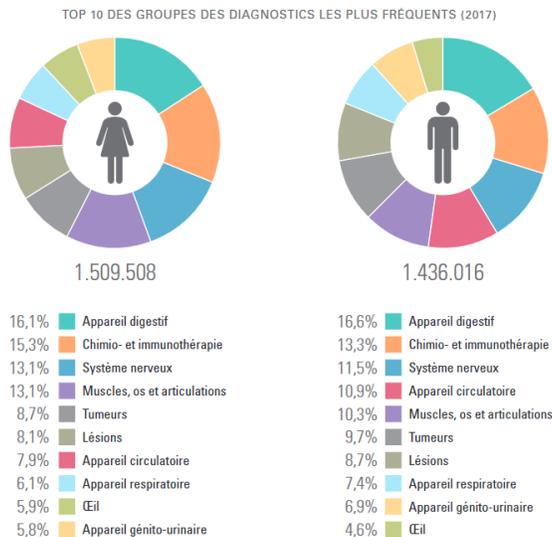


Figure 2 : Top 10 des groupes de diagnostics les plus fréquents [19]

Malgré ces chiffres élevés, on observe également qu'un certain nombre de patients refuse ou reporte leur consultation médicale ou leur chirurgie par crainte de la maladie ou de la chirurgie. On observe également un nombre toujours trop important de patients qui ne suivent pas leur traitement post-opératoire ou leur traitement de maladies chroniques. Il est dès lors primordial de s'interroger sur le pourquoi. La littérature est unanime, les causes en sont multiples.

Tout d'abord, la **position du patient par rapport à l'équipe de soin**. En effet, depuis plusieurs dizaines d'années, le patient tend à devenir de plus en plus actif dans sa prise en charge thérapeutique [20]. Nous sommes passé d'un modèle paternaliste, où le soignant détient la connaissance et, prenant en charge les intérêts du patient, décide pour lui, à un modèle partenarial, où le soignant accompagne le patient dans ses prises de décisions thérapeutiques. Le modèle paternaliste a progressivement laissé la place à un modèle partenarial basé sur les principes d'empathie ce qui permet de mettre en place un climat de confiance propice à une amélioration de l'adhésion thérapeutique [2], [21]–[25].

En pratique, ce souhait des patients de devenir plus actifs se caractérise par un désir de plus en plus important de prendre des décisions thérapeutiques en partenariat avec le médecin. Un patient qui n'est pas intégré dans un modèle partenarial pourrait ne pas être acteur de sa santé.

Il est dès lors important que le patient comprenne le plus d'aspects possibles de la pathologie afin de pouvoir appréhender les choix d'approches chirurgicales, les différents types d'anesthésie, les traitements additionnels prescrits ainsi que les potentielles complications associées à chacun de ces aspects. Cela nous amène au second facteur, le **manque de connaissance**.

Des études ont pu démontrer que les médecins surestimaient souvent les connaissances anatomiques de leurs patients. En effet, un certain nombre d'entre eux ne comprennent pas les termes anatomiques ou pathologiques utilisés par leur médecin et n'ont pas de compréhension rudimentaire de leur anatomie. Cela a nécessairement un impact négatif sur la communication patient-médecin [8][9].

Ainsi, un patient qui ne posséderait pas un minimum de connaissances médicales et anatomiques pourrait ne pas être acteur de sa santé et participer aux prises de décisions thérapeutiques [26].

La chirurgie reste une discipline phare de la prise en charge en milieu hospitalier. Elle génère à elle seule de nombreuses **craintes** auprès des patients. C'est ce que l'on appelle l'anxiété préopératoire. Ainsi, chez l'adulte, la prévalence de l'anxiété préopératoire varierait entre 60% et 80% selon les études et selon le contexte opératoire. Notons que la chirurgie n'est pas la seule source de craintes. La maladie au sens large et principalement la maladie chronique peut entraîner de grandes craintes chez les patients. Cela peut conduire le patient à ne pas être acteur de sa santé [27].

Alors que les **proches** et familles pourraient participer à lutter contre ces craintes en accompagnant les patients, peu de place leur sont encore laissés dans le processus de soin.

Finalement, alors que nous faisons face à une nouvelle vague de **scepticisme** scientifique, la médecine n'est pas en reste. Nombreuses sont les personnes qui remettent en cause le bienfondé de la médecine et l'efficacité des prises en charges et traitement ou encore l'existence même de certaines maladies.

Néanmoins, il est reconnu que le non-suivi ou le manque de suivi d'une maladie chronique, grave et même parfois bénigne peut conduire à des conséquences sérieuses. Au-delà de la mortalité, des séquelles transitoires ou permanentes ainsi qu'un impact certain sur le bien-être des individus peuvent conduire à des incapacités dans la vie de tous les jours. En outre, ces conséquences ont également un impact non négligeable en terme sociétal. L'impact individuel sur les patients se répercutent *in fine* de manière collective en terme de soins de santé, de congés de convalescence auprès des employeurs, ...

Aujourd'hui, pour pallier à ces difficultés qu'ont certains patients à se positionner comme acteur de leur santé, de nombreux sites médicaux ont vu le jour. En effet avec l'essor d'internet et des sites d'informations médicales, tout le monde a accès à un très grand nombre d'informations. Cependant, ces informations ne sont pas toujours adaptées au patient, à sa pathologie, à ses spécificités, à ses comorbidités, ... Certaines informations peuvent même être contradictoires ou erronées. Alors que les informations médicales sur internet peuvent, dans une certaine mesure, s'avérer utiles, dans le cas de patients suivi pour des pathologies graves et/ou chroniques, elles peuvent être à l'origine de confusions ou de craintes.

Pour conclure, la bonne connaissance de la région anatomique, de la pathologie et l'accès à des informations de qualité permettraient de favoriser l'adhésion thérapeutique du patient qui est primordiale pour la réussite d'un traitement, au sein d'une communauté de pratique patients-médecins [28]. De façon réductrice, l'adhésion thérapeutique peut se définir comme l'expression de l'accord et l'implication du patient dans la prise en charge de sa maladie, dans son choix thérapeutique et les actions volontaires permettant d'accéder à un meilleur résultat thérapeutique. Pour exemple, la compliance médicamenteuse ou le fait de prendre activement son traitement fait partie de l'adhésion thérapeutique [22].

ÉTUDE DE MARCHÉ

Étude de marché

Face à cette double problématique, nous avons choisi dans un premier temps de réaliser une étude marketing préliminaire auprès d'étudiants de la faculté de médecine de l'ULiège (médecine, sciences biomédicales et sciences dentaires) de tous niveaux d'étude (BAC 1 à Master 2) afin de connaître leurs habitudes d'étude de l'anatomie.

Dans un second temps, nous avons complété cette étude marketing préliminaire en interrogeant les enseignants d'anatomie humaine de l'ULiège pour connaître leurs attentes quant au choix d'un outil numérique complémentaire pour l'enseignement de cette matière.

Après avoir identifié notre marché et les deux segments principaux qui le composent, nous nous sommes concentrés sur deux thèmes prépondérants dans la difficulté d'apprentissage pour les étudiants et le comportement non-actif des patients vis-à-vis de leur santé. Le manque de connaissances médicales, ne concernant que les patients, et le manque de connaissances anatomiques, concernant les deux segments de marché.

Afin de répondre à ces deux thèmes, nous avons cherché sur le marché, les produits déjà existants. Il s'agit d'une part de sites internet médicaux et d'autre part d'outils de visualisation 3D.

1 Étude marketing préliminaire en enseignement

1.1 Contexte de l'étude marketing préliminaire

L'enseignement pratique de l'anatomie humaine au sein de la faculté de Médecine de l'ULiège entraîne les étudiants à l'identification de structures anatomiques sur base de dissections de cadavres mais également sur base de l'analyse de ressources multimédia (IRM et scanners sélectionnés par les radiologues pour leur intérêt pédagogique, des sections anatomiques, des spécimens anatomiques 3D-numérisés, des vidéos et photos de dissections).

Néanmoins, cette méthode d'apprentissage actuelle présente plusieurs limites. Alors qu'un cadavre est une ressource indispensable en raison de sa capacité à afficher des informations spatiales 3D [29], les autres ressources numériques proposées aux travaux pratiques d'anatomie (scanner, IRM,...) et d'histologie (microscope virtuel) sont également utiles mais relèvent de la 2D [30]. Les images doivent dès lors être mentalement transposées en 3D, ce qui constitue un saut cognitif

difficile pour des étudiants [31], [32]. L'utilisation d'un outil en 3D faciliterait la représentation visuelle et spatiale, ce qui constitue un atout important pour l'acquisition des connaissances en anatomie et en histologie [33]. Cet outil n'est cependant pas encore disponible au sein de l'ULiège.

La question managériale de cette étude marketing préliminaire est « Quel type d'outil de visualisation 3D serait le plus adéquat pour intégrer le cours d'anatomie humaine de l'ULiège ? »

1.2 Design de recherche

A. Données primaires et secondaires

Une **étude de la littérature** est réalisée en se basant, entre autre, sur les travaux de Kyaw qui démontre que l'apprentissage par la réalité virtuelle améliore les connaissances et les compétences des professionnels de la santé par rapport à l'éducation traditionnelle ou à d'autres types d'éducation numérique. C'est surtout le cas lorsque l'apprentissage assisté par la technologie numérique s'intègre parfaitement au sein du programme de scénarisations pédagogiques [34][35].

L'utilisation de **données provenant d'un sondage** réalisé auprès des étudiants. Ce sondage porte sur les méthodes de révision de l'anatomie pour ces étudiants et de l'utilisation de divers livres de références et/ou ressources 2D ou 3D.

Afin de répondre au mieux à la question managériale, l'avis des étudiants seul ne suffit pas. Il est important de **questionner les différents acteurs de l'enseignement pratique de l'anatomie** afin de déterminer l'outil le plus adéquat ainsi que les fonctionnalités nécessaires pour être intégré dans un programme de cours spécifique.

B. Type de design

Une première démarche **exploratoire** sera mise en œuvre afin de dégager les variables clefs de la question d'étude. Cette démarche sera liée à l'analyse du contenu des données primaires.

Une seconde démarche **descriptive** sera utilisée, visant à définir le comportement le plus souvent observé chez les étudiants pour étudier le cours d'anatomie. Cette démarche descriptive sera liée à l'analyse statistique des données secondaires.

C. Instrument utilisé, échantillon idéal et mode d'administration du questionnaire.

Une approche **qualitative** sera mise en place sur base des données primaires récoltées lors d'entretiens. La **méthode** choisie sera l'entretien semi-dirigé en face à face. Le **public cible** de cette récolte de données sera un **échantillon représentatif** de 5 enseignants ou élèves moniteurs. Le **but** est d'explorer en profondeur et de clarifier les attentes inhérentes à l'implémentation d'un outil 3D ainsi que les fonctionnalités de l'outil afin de viser un enseignement d'excellence.

Une approche **quantitative** sera également réalisée sur base des données secondaires provenant d'un sondage ayant été réalisé auprès d'un échantillon représentatif de 1158 étudiants de la faculté de médecine. L'**échantillon représentatif** est constitué de plus de 1158 personnes au profil hétérogène. Les sujets abordés lors de ce sondage portaient principalement sur les méthodes de révision et les outils utilisés par les étudiants de la faculté de médecine pour étudier leur cours d'anatomie humaine. Le **but** est de mesurer les attentes et les comportements des élèves sur les plans pédagogiques mais aussi technologiques et financiers. Ceci permettra d'établir **des recommandations claires**.

D. Plan d'analyse des données

Concernant les sondages, les questions et réponses des questionnaires sont encodées dans un tableur à l'aide du logiciel *Excel 2016*. Les bases de données sont importées dans le logiciel d'analyse statistique *R i386 3.5.1* comprenant l'interface graphique *Rcmdr*. Pour les questions fermées, les variables recodées en facteurs, ont été soumises à une analyse de fréquence. Elles sont exprimées en fréquences et en pourcentages. Pour les questions ouvertes, au vu de la diversité des réponses, l'analyse de contenu est réalisée manuellement dans le but de générer des tendances.

Concernant les entretiens semi-dirigés, ces derniers sont enregistrés et retranscrits manuellement. L'ensemble de contenu sera ensuite interprété grâce au logiciel *Nvivo*. Ces données ne seront pas soumises à un test statistique.

1.3 Résultats des étudiants

Le sondage réalisé auprès de 1158 étudiants de la faculté de Médecine et de Médecine Vétérinaire comprenait 65,6% de femmes pour 34,3% d'hommes. Il concernait, 24,2% des étudiants de première bachelier, 19,3% de deuxième bachelier et 16,9% de troisième bachelier ainsi que 15,7% de premier master, 14% de deuxième master et 9% de troisième master. Ces étudiants étaient inscrits pour 34,5% en Médecine, 30,9% en Médecine Vétérinaire, 12,6% en Kinésithérapie et réadaptation, 10,1% en Sciences pharmaceutiques, 8,6% en Sciences Biomédicales et 3,3% en Sciences de la motricité.

Parmi les étudiants interrogés, 78,67% estiment avoir une bonne vision dans l'espace.

Concernant l'accessibilité à des outils multimédias, 51,6% des étudiants disposaient uniquement d'un ordinateur portable et d'un smartphone, 19,8% d'un ordinateur portable, d'une tablette et d'un smartphone, 10,4% d'un ordinateur fixe, d'un ordinateur portable et d'un smartphone et 9,7% d'un ordinateur fixe, d'un ordinateur portable, d'une tablette et d'un smartphone. On constate que l'ensemble des étudiants interrogés disposaient au moins de l'un de ces outils numériques.

Parmi les différentes méthodes d'études, 18,8% des étudiants mémorisent à voix basse et recopient des schémas existants, 7,7% recopient uniquement les schémas existants et 7% mémorisent uniquement à voix basse. Bien que ces deux techniques ressortent des statistiques, un grand nombre d'autres techniques sont utilisées par les étudiants : imaginer de nouveaux schémas, analyser des cas cliniques mettant en jeu l'Anatomie, réciter avec des condisciples étudiants et mémoriser à voix haute.

Plusieurs raisons sont mentionnées pour le choix des applications de l'étude de l'anatomie. Pour 4,5% des étudiants, il s'agit de : la qualité des images, la facilité d'utilisation (caractère intuitif), la possibilité d'effectuer des rotations 3D sur les images proposées. 5,3% d'entre eux y ajoutent : le prix avantageux ou la gratuité.

Plus d'une cinquantaine de ressources numériques ou papier ont été citées par les étudiants. Si dans les livres de références deux ont la préférence, Atlas d'anatomie de Netter et Gray's anatomy, aucune préférence ne semble ressortir du côté des applications.

Les étudiants ont également été interrogés sur leur satisfaction liée à l'utilisation test de deux tables d'anatomie virtuelle de taille réelle lors des travaux pratiques. 95% des étudiants ont apprécié la table Anatomage et 94,2% la table Sectra.

92,14% des étudiants trouvent que varier les supports d'étude est utile pour mieux apprendre en profondeur l'anatomie

88,1% des étudiants trouvent que la dissection sur cadavre est complémentaire à l'utilisation d'une table de dissection taille réelle telle qu'Anatomage ou Sectra et 96,7% qu'elle permet de voir la matière sous un autre angle. 90,6% des étudiants pensent que la dissection de cadavre ne peut être remplacée par une table telle qu'Anatomage ou Sectra. 95,6% des étudiants pensent que la dissection sur cadavre aide à comprendre le rapport entre les structures topographiques. 71% pensent que la dissection permet d'apprendre des éléments nouveaux par rapport aux autres outils d'étude et 63,7% par rapport au cours théorique. Parmi ces éléments nouveaux, les étudiants citent : la perception 3D, la diversité et le réalisme des modèles anatomiques plus représentatifs de la diversité et réalité humaine.

1.4 Résultats des enseignants

La pratique de l'anatomie s'enseigne à l'Université de Liège sur base de dissection de cadavres mais également sur base d'outils numériques : vidéos de dissections et imageries médicales dont IRM, scanner, angiographie, ...

L'ensemble des personnes interviewées (n=6) estiment que le cadavre est l'outil principal dans l'apprentissage pratique de l'anatomie car il permet une bonne visualisation 3D, de la topographie fidèle à l'anatomie humaine. Il permet une manipulation réelle, une première approche des actes chirurgicaux (disséquer, suturer ...). Cependant, l'apprentissage sur cadavre demande encore beaucoup de techniques et n'est pas disponible à domicile. Selon les assistants, actuellement, les étudiants se désintéressent des cadavres car ils ne font pas directement l'objet d'une interrogation en fin de quadrimestre. En effet, les étudiants sont évalués sur des ressources multimédias y compris des photos de dissection.

L'ensemble des personnes interrogées (n=6) pensent que les outils numériques sont complémentaires aux dissections mais ne pourront les remplacer. Actuellement, ce sont donc des vidéos et des imageries médicales qui sont utilisées. Les imageries médicales sont utiles afin que

les étudiants s'entraînent à visualiser des éléments anatomiques sur des supports utilisés dans la clinique. Cependant, ces supports sont en 2D et rendent la transposition sur des cadavres difficiles par les étudiants. L'ensemble de ces ressources sont disponibles sur la plateforme de LMS institutionnelle Blackboard.

D'autres ressources peuvent aussi être utilisées ponctuellement lors de l'enseignement pratique de l'anatomie dont : des planches anatomiques dans les livres de références, les modèles 3D en silicones et les platinations (traitement de pièces anatomiques en vue de les conserver dans le temps). L'ensemble des répondants (n=6) mentionnent tout de même que multiplier les outils présente un risque de perdre l'étudiant dans une multitude d'informations. Il faut envisager un outil général.

Les enseignants (n=3) identifient une réelle difficulté pour les étudiants de visualiser en 3D et envisagent l'avantage que pourrait procurer l'utilisation d'un outil 3D. Ils ont identifié que les étudiants utilisaient déjà des **applications de visualisation 3D de l'anatomie sur tablettes ou smartphones**. Ces applications présentent généralement des modèles de morceaux de corps et permettent aux étudiants de mieux comprendre la topographie des organes les uns par rapport aux autres. Les enseignants mettent néanmoins en garde vis-à-vis des nombreuses erreurs anatomiques que comportent ces applications et au coût qu'elles représentent pour les étudiants (jusqu'à 50€). Ils n'envisagent pas l'utilisation des smartphones durant les travaux pratiques de dissections au risque de dissiper l'attention des étudiants et au vu du peu de praticité de passer du cadavre au smartphone notamment pour des questions d'hygiène. Les enseignants envisagent davantage l'utilisation d'une application 3D commune, validée par le corps enseignant sur un écran tactile commun pour un groupe d'étudiants. La possibilité pour les étudiants d'utiliser cette même application au domicile pour réviser reste important.

Concernant les **tables de dissection numériques en taille réelle**, les élèves moniteurs interrogés (n=2) ont mis en évidence de nombreux avantages dont la possibilité pour plusieurs étudiants d'interagir simultanément autour d'un même support. Ils voient cet outil comme un outil de transition entre les imageries médicales et la dissection car il permet de visualiser des coupes fraîches de cadavres exactement dans le plan de dissection virtuelle. Les enseignants (n=2) trouvent qu'il s'agit d'un bel outil mais totalement facultatif. En effet, il coûte cher, les étudiants ne peuvent

l'emporter chez eux, l'exactitude est parfois négligée au profit de l'aspect graphique et les fonctions de dissection manquent de précision.

Les **outils de réalité augmentée et virtuelle** sont souvent confondus par les interviewés. Les outils de réalités augmentée et virtuelle sont très mal connus. Les outils de réalité virtuelle laissent sceptiques. En effet, ils isolent beaucoup l'utilisateur de son environnement réel et ne se prêtent donc peut-être pas vraiment à une séance de travaux pratiques. Tous pointent un manque de précision dans ces outils ainsi que des difficultés pour le prendre en main. Plusieurs personnes (n=3) nous disent cependant que l'utilisation de ces outils motive les étudiants car ils sont innovants.

Tous imaginent un outil permettant d'intégrer de nombreuses ressources numériques mais également de nombreuses **fonctionnalités**. Parmi les plus citées notons, la possibilité de faire des captures d'écran permettant à l'étudiant de revoir la matière à domicile, pouvoir faire des coupes/dissections dans le modèle, pouvoir associer aux coupes des images de dissection et de coupes réelles, retirer les couches sur le modèle, avoir des liens avec les théories. Cet outil devrait avant tout être directement lié aux objectifs pédagogiques et aux évaluations. Finalement, il devrait pouvoir être utilisé au domicile par l'étudiant lors de ses révisions.

L'intégration de l'histologie dans ce modèle reste très controversée. Alors que certains voient cette intégration comme une réelle plus-value pour la compréhension globale des sciences morphologiques, d'autres y voient un risque de noyer l'étudiant dans l'information et d'entraîner des confusions chez ce dernier.

1.5 Interprétation des résultats

Les enseignants identifient une réelle difficulté des étudiants pour passer des structures 2D aux structures 3D notamment lors de l'utilisation de ressources numériques 2D. Les étudiants semblent palier à ce problème en utilisant des applications 3D non-encore utilisées dans les travaux pratiques d'anatomie. Malheureusement, parmi ces nombreuses applications disponibles, peu ne comportent pas d'erreurs anatomiques et parmi ces dernières, coûtant généralement très cher, aucune n'est validée par l'ensemble du corps enseignant comme répondant aux objectifs pédagogiques.

Dans un souhait d'utiliser un outil 3D, les deux formats qui semblent comporter le plus d'avantages sont les applications 3D sur tablettes et ordinateurs mais également des outils de réalité augmentée

pourtant méconnus. Néanmoins, aucun outil existant ne peut actuellement couvrir les besoins pédagogiques exprimés par les étudiants et enseignants qui souhaitent un outil global.

Cet outil, validé par les enseignants, devrait en effet comprendre les fonctionnalités suivantes :

- Être disponible sur support taille réelle mais également sur smartphones ou tablettes pour que les étudiants l'utilisent à domicile.
- Permettre des zooms, rotations 3D, retraits de couches, réalisation de capture d'écran.
- Permettre de visualiser le plan de coupe correspondant à la coupe de dissection au niveau du modèle 3D.
- Permettre d'ajouter des annotations par les étudiants et enseignants et ainsi de faire des liens avec la théorie, vers des photos, des imageries médicales et des vidéos de dissection.

2 Analyse de la concurrence

2.1 Le manque de connaissances médicales en consultation

Comme nous avons déjà pu le mentionner, l'essor d'internet a vu l'arrivée de nombreux sites web d'informations médicales. Citons par exemple les très connus « Passeport santé » et « Doctissimo ». Ces sites internet sont venus combler un manque d'informations médicales « grand public » sur le web. Ils s'adressent à tout le monde mais principalement aux personnes ne faisant pas partie du corps médical et paramédical.

L'utilité de ces sites n'est plus à démontrer. Ils mettent à disposition une grande quantité d'informations médicales, faciles d'accès, gratuites et vulgarisées. Ces informations sont généralement très utiles au quotidien. De nombreux messages sont présents pour inciter les patients à consulter dans certains cas de figure.

Néanmoins, l'intérêt de ces sites dans le cas de patients présentant des pathologies graves et/ou chroniques est discutable. En effet, bien qu'il arrive encore que quelques erreurs soient présentes sur ces sites, le risque principal réside dans le manque de personnalisation du contenu en fonction du patient. Ainsi, le patient a accès à de nombreuses informations ne correspondant pas à sa pathologie, ses spécificités et ses comorbidités, parfois alarmantes, pouvant induire confusions ou angoisses chez ce dernier.

De plus, le médecin n'étant pas à l'origine du contenu ou n'ayant pas lui-même validé celui-ci, le site web ne peut servir de relai auprès des patients. Le patient peut se retrouver face à une discordance entre les propos de son médecin et le contenu du site sans justification (Tableau 1).

2.2 Le manque de connaissances anatomiques en consultation et en enseignement

Nous avons précédemment réalisé une étude auprès d'étudiants de médecine lors de laquelle plus d'une cinquantaine de ressources numériques ou papier ont été citées par les étudiants comme étant des bases utilisées dans l'apprentissage de l'anatomie. Si dans les livres de références, deux ont la préférence, Atlas d'anatomie de Netter et Gray's anatomy, aucune préférence ne semble ressortir du côté des applications.

Avec des patients, le choix de l'utilisation d'un ouvrage de référence n'est pas envisageable car son contenu, à destination de professionnels, serait difficilement pris en main par le grand public. Tout autre format 2D ne semble pas opportun. On sait que l'une des difficultés principales dans l'apprentissage de l'anatomie pour les professionnels réside dans la visualisation des structures en 3D. Dès lors l'utilisation d'un outil 3D serait plus adapté. Aucune application 3D d'anatomie n'étant ressortie de notre précédente étude, nous avons basé notre analyse sur l'Atlas d'anatomie 2021 Visible body et Complete anatomy '21.

Ces deux outils permettent une visualisation 3D et sont faciles d'utilisation. Alors que Atlas d'anatomie 2021 Visible Body propose une version française, il est aussi payant. De son côté, Complete anatomy 21' propose une version d'essai gratuite mais n'est disponible qu'en anglais.

Dans les deux cas, il s'agit d'outils à destination d'étudiants du domaine de la santé. Les éléments proposés par ces applications ne sont pas appropriés ni dans leur forme ni dans leur contenu notamment par la présence de dissections. Notons également que des erreurs anatomiques ont été relevées sur ces modèles.

De plus, ces outils ne peuvent pas être personnalisés par les médecins afin de correspondre aux besoins de leurs patients (Tableau 1).

PRODUIT	SEGMENT DE MARCHÉ	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
	Informations médicales web à destination du grand public.	Facile d'accès Gratuit Vulgarisé	Erreurs Manque de personnalisation
			
	Application de visuels et informations anatomiques à destination d'étudiants du domaine de la santé.	Visualisation 3D possible Facile d'utilisation Version français disponible	Payant (1 x 27,99€) Vocabulaire technique Pas de personnalisation Erreurs
<p>Complete anatomy</p> 			

Tableau 1 : Analyse de la concurrence par la présentation des acteurs passeportsanté, doctissimo, visiblebody et complete anatomy

3 Positionnement

Après une brève étude de marché, nous avons pu mettre en évidence deux outils déjà présents sur le marché pouvant respectivement répondre en partie à une partie de la problématique. Alors que les sites internet médicaux peuvent partiellement répondre à la problématique du manque de connaissances médicales, les outils d'apprentissage de l'anatomie en 3D permettent de répondre à la problématique du manque de connaissance anatomiques. Ayant un et l'autre leurs propres limites, ils présentent des inconvénients communs. Ils ne couvrent pas un champ large de connaissances permettant au patient de n'utiliser qu'un seul outil. Jusqu'à présent ils couvrent soit des informations médicales, soit des informatiques anatomiques. Notons également que certaines pathologies nécessitent que le patient comprennent d'autres notions spécifiques comme des notions d'histologie (étude des tissus). L'autre inconvénient majeur est qu'aucun de ces outils ne peut être personnalisé par le médecin et donc personnalisé pour le patient, sa pathologie, ses spécificités et ses comorbidités.

Face à cette problématique et lors de cette étude de marché, nous avons identifié une opportunité de positionnement répondant à la fois à la problématique du manque de connaissances médicales et anatomiques mais également à un manque d'outils personnalisables (Figure 3).

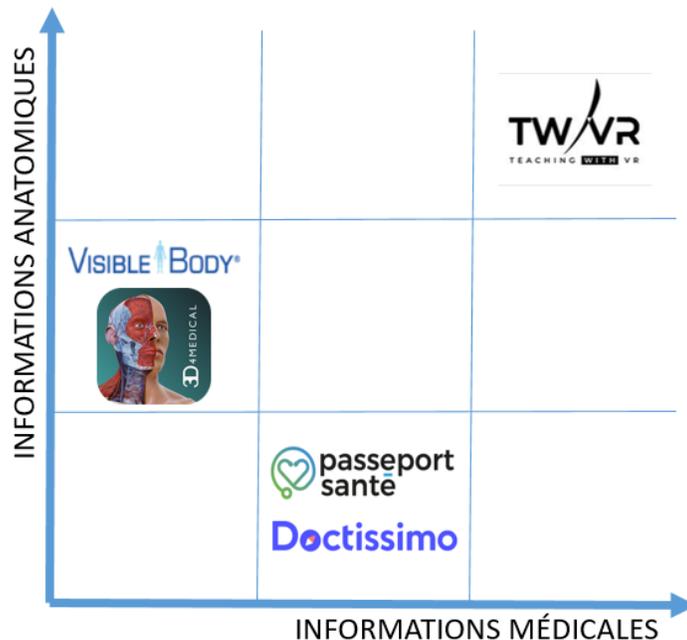


Figure 3 : Matrice de positionnement concurrentielle du produit de TWVR

4 Les outils de réalité augmentée sur des marchés proches.

Dans cette démarche exploratoire, nous nous sommes questionnés sur le support le plus adapté pouvant être utilisé par les étudiants et les patients. Nous affinerons notre choix dans les chapitres suivants mais, cherchant à communiquer des éléments d'anatomie, les solutions de réalité augmentée et de réalité virtuelle nous ont semblé être les plus adaptées. Nous avons cherché à connaître les autres sociétés potentiellement actives dans des marchés proches, par exemple en modélisation chirurgicale, proposant des outils de réalités augmentée ou virtuelle.

ImmersiveTouch, par exemple, a développé différents produits qui convertissent les CT scans, angiographie 3D et IRM en un « jumeau numérique » du patient. Ces produits permettent ensuite aux médecins de préparer des plans d'intervention directement adaptés à l'anatomie et aux spécificités de chaque patient. Actuellement, cet outil peut également être utilisé à des fins de formations de futurs chirurgiens (Figure 4).

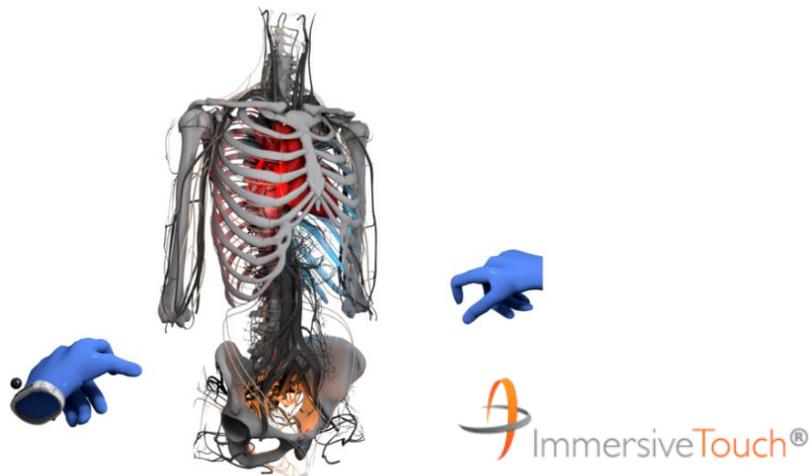


Figure 4 : Illustration du modèle proposé par ImmersiveTouch. <https://www.immersivetouch.com> consulté le 18/3/21

La présence de sociétés qui proposent des produits de réalités augmentées et de réalités virtuelles déjà utilisés par des chirurgiens, confortent l'idée selon laquelle un tel outil est utile, dans la pratique, auprès de médecins et leur apporte une plus-value dans la gestion de leur travail quotidien.

La plus-value de notre produit, sera de proposer une interface personnalisée et adaptée, cette fois, à des étudiants et à des patients en partenariat avec leur médecin.

5 PESTEL

Afin d'étendre notre analyse, nous avons également réalisé une analyse PESTEL.

Ainsi, au niveau **politique**, nous avons identifié la volonté d'étendre l'usage des outils numériques au sein de l'enseignement. C'est également une volonté institutionnelle au sein de nombreux établissements d'enseignement supérieur.

Au niveau **économique**, le développement de ces outils au sein des universités et au sein des hôpitaux représente un coût supplémentaire. Néanmoins, un outil comme le nôtre pourrait à long terme participer à la baisse du coût sociétal que représente la non-chirurgie et la non-adhésion thérapeutique.

D'un point de vue **social**, notre projet s'ancre parfaitement, comme nous avons pu l'aborder dans la rubrique problématique, dans plusieurs mutations sociales dont le souhait des patients de devenir acteur de leur prise en charge thérapeutique. Néanmoins, dans le milieu médical et de l'enseignement, il subsiste des acteurs réticents envers le numérique.

Au niveau **technologie**, l'enseignement vit actuellement une vraie mutation allant vers une croissance de l'implémentation d'outils technologiques.

Finalement, d'un point de vue **légal**, il est nécessaire de fournir une information complète aux patients avant d'envisager une thérapie ou une chirurgie. Il est, toutefois, important de garder en tête les problématiques au respect et à la protection de données (RGPD) (Tableau 2).

	POLITIQUE	ECONOMIQUE	SOCIAL	TECHNOLOGIE	ENVIRONNEMENTAL	LÉGAL
OPPORTUNITÉS	Projet politique de numérisation de l'enseignement	Coût sociétal que représente la non-chirurgie et la non-adhésion thérapeutique	Souhait des patients de devenir acteur de leur prise en charge thérapeutique	Implémentation en croissance des outils de technologie dans l'enseignement		Nécessité d'une information complète envers les patients avant d'envisager une chirurgie
FREINS		La solution est un coût supplémentaire à charge de l'hôpital / des universités	Réticence d'acteurs du secteur envers le numérique Fracture numérique au sein des populations	Solution non pérenne : évolution des technologies numériques et des formats		Importance du RGPD notamment pour le <i>tracking</i> des comportements sur application.

Tableau 2 : Analyse PESTEL du produit de TWVR

SOLUTION PROPOSÉE

SOLUTION PROPOSÉE

1 Le choix de l'outil

Cette étude de marché nous a permis de constater qu'aucun outil ne permet de répondre à nos objectifs d'amélioration des connaissances médicales et anatomiques auprès d'étudiants et de patients. Cependant d'autres sociétés, dans des marchés proches proposent des outils de réalités virtuelles et/ou augmentées destinés à un besoin spécifique des chirurgiens.

Nous y avons vu l'opportunité de créer notre propre produit. Souhaitant améliorer les connaissances anatomiques des étudiants et des patients, un outil 3D est indispensable. Nous avons ainsi le choix entre un logiciel de visualisation 3D sur ordinateur, un outil de réalité augmentée ou de réalité virtuelle. L'outil 3D classique a été écarté car il est plus difficile de réaliser des rotations mentales avec ce type d'outil. L'outil de réalité virtuelle a été écarté car il permettait moins de convivialité et de proximité entre le médecin et le patient ou entre l'enseignant et les étudiants, les deux ne pouvant que difficilement regarder la même chose en même temps.

Nous avons donc choisi de développer un outil de réalité augmentée. Nous aurions pu concevoir l'ensemble du modèle 3D faisant partie de cet outil grâce aux techniques de modélisations organiques avec un outil comme Z-brush. Néanmoins, cette technique ne garantissait pas l'exactitude anatomique du modèle, comme le maintien des proportions, les détails de structures et le rapport des structures les uns par rapport aux autres en taille mais aussi en position. Nous avons donc choisi d'utiliser de la modélisation organique sur base d'images médicales.

2 L'imagerie médicale

Lorsque l'on souhaite créer un outil de support à l'apprentissage de l'anatomie, l'exactitude du modèle anatomique est primordial. Il est donc important d'explorer et d'exploiter l'imagerie médicale comme ressource à la constitution d'un tel outil.

« L'imagerie médicale est la spécialité médicale consistant à produire des images du corps humain et à les interpréter à des fins diagnostiques, thérapeutiques (imagerie interventionnelle) ou de surveillance de l'évolution des pathologies. » [36] Elle se base ainsi sur des principes physiques. Nous pouvons citer, la radiologie basée sur l'absorption des rayons X, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) basée sur la résonance magnétique nucléaire, l'échographie basée sur la réflexion d'ondes ultrasons ou encore le PET-scan basé sur l'émission de rayonnements radioactifs [37].

La tomodensitométrie aussi appelée CT-scan, est une technique d'imagerie médicale qui consiste à mesurer l'absorption de rayons X par les tissus. A partir de ces mesures, il est possible, par traitement informatique, de reconstruire des images 2D ou 3D. L'analyse tomographique ou « par coupe » soumet le patient au balayage d'un faisceau de rayons X et permet d'acquérir les données (Figure 5).



Figure 5 : Appareil à CT-scan <https://www.uzbrussel.be/fr/web/radiologie/scanner-ct> consulté le 18/11/20

3 La modélisation 3D

Le CT-scan fournit des images 2D pouvant être reconstituées par un programme et donner des images 3D. Néanmoins, ces images sont trop complexes pour être la base d'un outil d'apprentissage de l'anatomie pour des non-initiés. Nous sommes donc partis de ces images de CT-scan afin de réaliser une modélisation 3D de notre modèle (Figure 6).

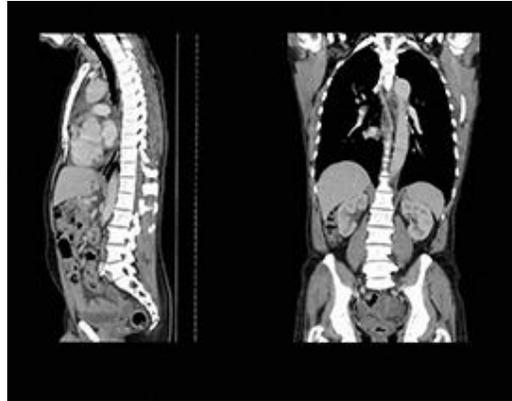


Figure 6 : Image scanner corps entier. <http://radiologie-paris19.com/scanner/> consulté le 18/11/20

Grace au logiciel 3D slicer, nous avons pu générer un modèle 3D à partir des images 2D CT-scan obtenues. Cela a permis de segmenter en 3D l'entièreté du modèle en qualité photogrammètrie. A partir de ce scan complet en 3D, il est possible, avec l'aide du logiciel Z-brush et de la technique de treshold, d'isoler les structures anatomiques d'un système d'intérêt, ici un cœur (Figure 7).

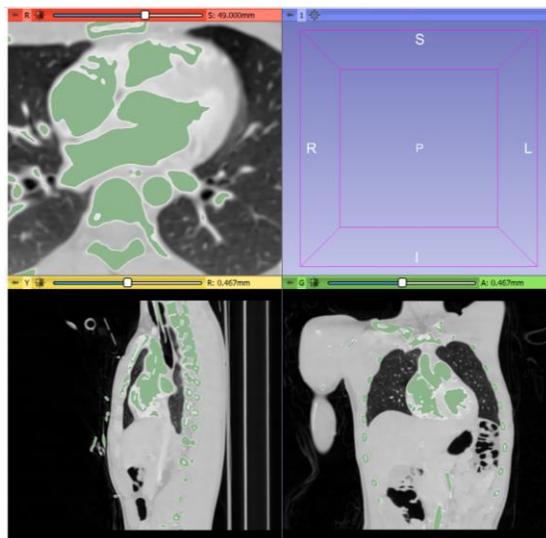


Figure 7 : Illustration de l'isolation d'organes grâce au logiciel Z-brush.

Une fois les structures isolées, une étape de nettoyage est nécessaire pour mettre en évidence les structures d'intérêts du bruit généré par l'imagerie médicale (Figures 8 et 9).

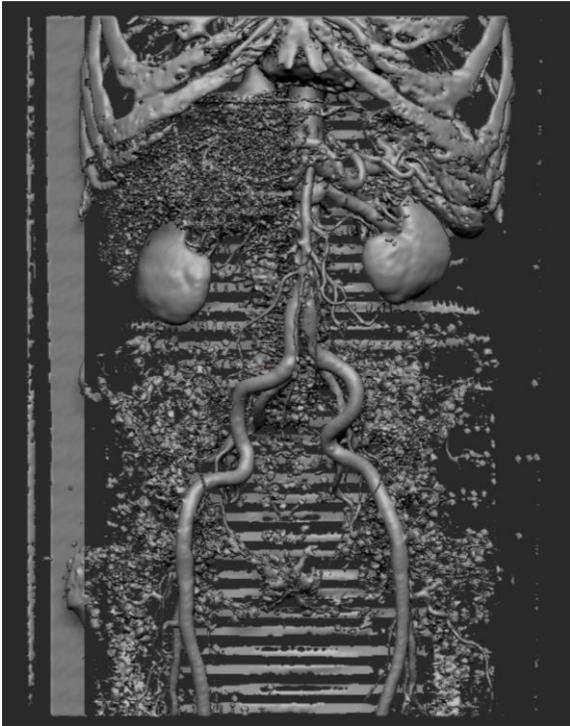


Figure 8 : Modèle non nettoyé sur Z-brush



Figure 9 : Modèle nettoyé sur Z-brush

Néanmoins, pour certaines structures anatomiques spécifiques, fines et difficilement identifiables, il est parfois nécessaire d'utiliser des techniques de scan particulières. L'urographie, par exemple, est une technique d'acquisition d'images médicales permettant de mettre en évidence le système urinaire. En pratique, on injecte en intraveineuse au patient du produit de contraste qui se concentre dans les régions anatomiques d'intérêt, ici le système urinaire. Ce produit de contraste permet également, lors de l'acquisition de données par soumission aux rayons X dans le CT scan, généralement 8 fois toutes les 5 minutes suivant l'injection, de modifier les rayons traversant ces régions et ainsi, lors de la reconstruction d'images, de mettre en évidence ces régions anatomiques, ici les calices, le bassinet, les uretères et la vessie (Figure 10).



Figure 8 : Image d'urographie. https://fr.wikipedia.org/wiki/Urographie_intraveineuse consulté le 18/11/20

En outre, certaines structures restent non modélisables à partir d'imageries médicales. C'est par exemple le cas des structures non-isolables au CT-scan, de certains petits vaisseaux sanguins, de structures internes aux organes et microscopique. Il est alors nécessaire de réaliser une modélisation organique originale (Figure 11).

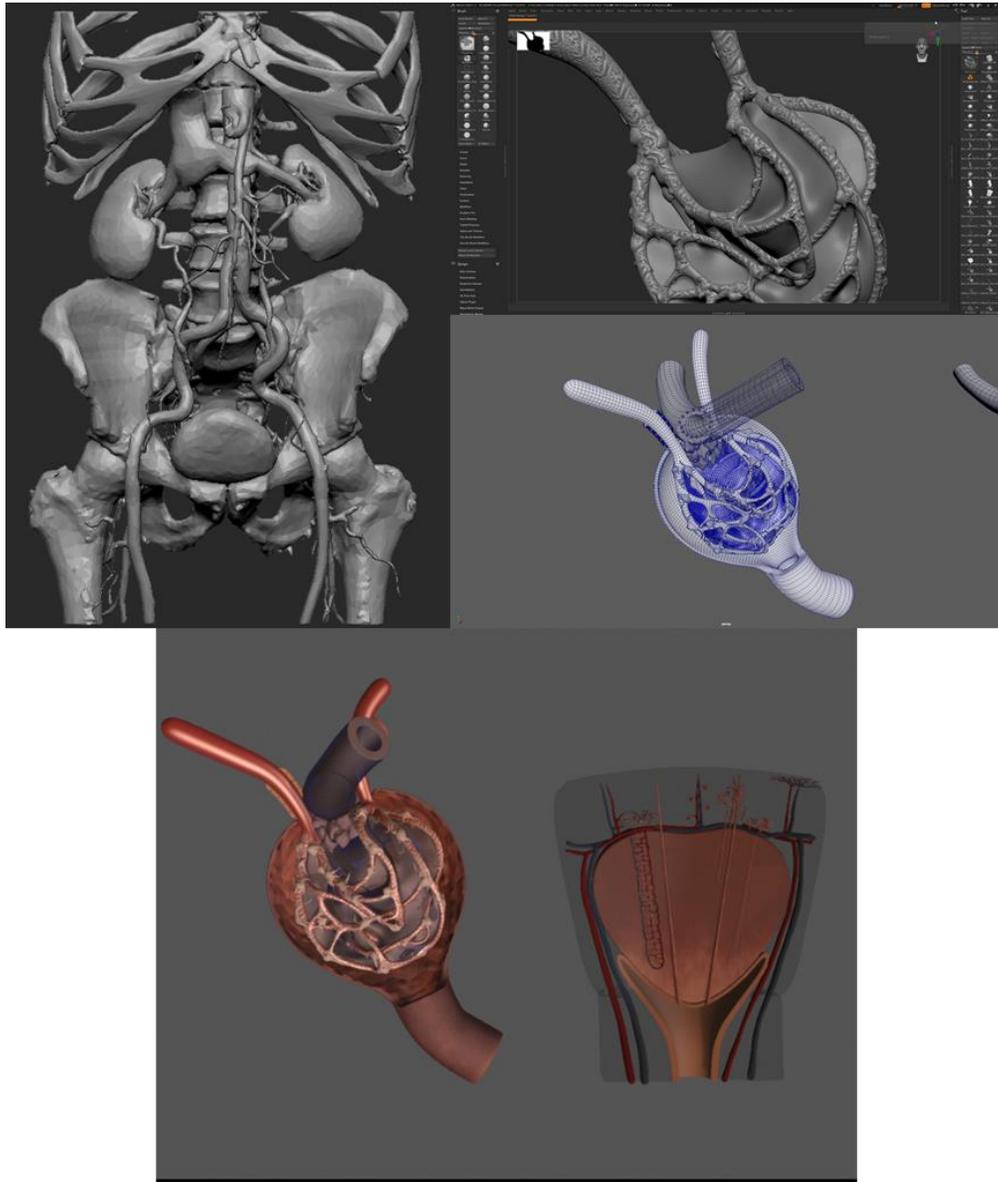


Figure 9 : Ensemble d'images illustrant le travail de modélisation organique originale

Il est important de garder à l'esprit qu'à chaque étape de modélisation, qu'elle soit sur base d'imagerie médicale ou non, des contacts avec des anatomistes et histologistes sont indispensables pour la validation de celles-ci.

4 L'application de réalité augmentée

Pour développer une application, il est nécessaire de comprendre les besoins des utilisateurs finaux afin de trouver l'outil adéquat. Il faut déterminer l'utilisation future pour imaginer à quoi ressemblera la structure à développer et comment le modèle 3D y sera intégré.

Le développement de l'application s'est fait sur Unity (programme) en C# (langage de programmation) et une attention particulière a été portée à l'ergonomie et à l'interface utilisateur. Il est important que l'utilisation de l'application soit intuitive. Ainsi, beaucoup de tests ont été réalisés avec des utilisateurs finaux (principalement des enseignants) afin d'obtenir leur feedback.

La plus grosse contrainte liée à ce développement est que l'application doit être publiée sur téléphone. Il est dès lors nécessaire que son poids soit restreint afin qu'elle fonctionne de façon fluide. Il est alors indispensable de travailler sur la résolution des différentes textures et images utilisées ainsi que sur la complexité des modèles 3D afin que leur affichage soit optimal.

Si nous devons ajouter de nouveaux modèles 3D dans l'application afin d'étoffer notre offre, 1 à 4 mois de travail supplémentaire (à mi-temps) serait nécessaire à l'intégration de chaque modèle en fonction de leur complexité. Cela, évidemment, présuppose que des modèles 3D ai déjà été créé par un autre développeur ou une autre équipe.

STRATÉGIE DU PROJET

STRATÉGIE DU PROJET

1 Plan de développement

1.1 Commercial

A. Segmentation

Notre produit vise deux segments de marché différents : l'enseignement et la consultation médicale.

Notre outil de réalité augmentée est destiné à des professeurs et à des assistants pour l'enseignement des sciences morphologiques humaines. Mais il est également prévu pour les étudiants lors de leur apprentissage de l'anatomie et de l'histologie.

Nous visons ainsi le domaine de l'enseignement et plus spécifiquement de l'enseignement supérieur préclinique des sciences morphologiques humaines. En l'état, le produit pourrait être proposé à des enseignants pour leurs cours sur le système urinaire (anatomique, histologique et physiologique) ainsi que pour l'étude plus large de la région de rétro-péritoine. Lorsque nous disposerons d'un outil corps entier, celui-ci pourra être utilisé durant l'entièreté des cours. La première phase de test pourrait être réalisée dans l'enseignement de l'anatomie et de l'histologie humaine en faculté de médecine de l'ULiège.

Notre outil de réalité augmentée est un outil utile pour servir de support visuel aux médecins lorsqu'ils souhaitent expliquer des éléments anatomiques ou médicaux à leurs patients. Il est également utile pour les patients lorsqu'ils souhaitent comprendre des éléments anatomiques ou médicaux liés à leur pathologie.

Nous visons donc le domaine médical et le plus spécifiquement les moments de consultation médicale hospitalière ou non-hospitalière. En l'état, le produit pourrait être proposé à des département d'urologie ce qui permettrait en partie de financer la suite du développement de l'outil, système par système, jusqu'à obtenir un produit corps entier que l'on pourrait proposer à tous les acteurs de consultations : les médecins et leurs patients puis les thérapeutes et leurs patients. Ainsi, une première phase de test pourrait être réalisée au sein du service d'urologie du CHU de Liège puis étendu à d'autres services.

B. Ressources humaines

Actuellement, pour le pôle développement, le projet est porté par le Professeur Michaël Schyns, diplômé en sciences informatiques et en sciences de gestion, professeur ordinaire en *Digital Business* et directeur du *Digital Business laboratory* à HEC Liège. Au sein de ce laboratoire, un *Environment Artist VR/AR* et un *Mobile application developer* ont permis le développement du produit.

Pour le pôle enseignement et médical, le projet est porté par Valérie Defaweux, diplômée en sciences biomédicales et en sciences de gestion, professeur adjointe en Anatomie humaine et en Histologie humaine et responsable de l'unité de recherche de pédagogie des sciences morphologiques à l'ULiège. Elle est accompagnée d'une chercheuse en sciences biomédicales. Elles sont engagées dans le projet tant d'un point de vue développement que d'un point de vue *testing* et implémentation de l'outil auprès du secteur de l'enseignement et du secteur médical.

Pour pouvoir continuer le développement de ce produit un ETP *Environment Artist VR/AR* et un ETP *Mobile application developer* sont nécessaires. Le passage de leurs temps partiels en temps plein permettrait d'accélérer le processus de développement du produit, système par système et d'atteindre un seuil de rentabilité plus rapidement.

Il est également indispensable d'engager un Business manager ou un chercheur dont les responsabilités seront double. D'une part chercher de nouveaux clients et leur présenter l'outil mais également être le relais des clients afin de communiquer et traduire les besoins auprès des développeurs. Ainsi, un profil commercial mais également médical est indispensable pour ce poste. Ce recrutement devra se faire dans un délai de 4 à 5 ans afin que ce dernier puisse être formé par la chercheuse en sciences biomédicales dont le contrat prend fin dans 5 ans.

C. Ressources commerciales

Concernant le marketing et la communication, le produit est déjà présenté sur la page de digital Uliège (https://www.digital.uliege.be/cms/c_4849948/fr/projets). Cette page pourra être enrichie de descriptions plus détaillées des différentes fonctionnalités.

Une prospection auprès de départements d'enseignements et de départements médicaux susceptibles d'utiliser notre produit est, à ce stade, indispensable pour promouvoir activement l'utilisation de notre solution. Notre participation à des congrès internationaux permettrait également d'améliorer notre visibilité.

Actuellement, le produit est proposé gratuitement au téléchargement. Une étude des métriques de téléchargement et de l'utilisation pourrait être définie afin de mesurer notre attractivité et nous aiderait dans notre approche marketing.

Passé notre phase d'essai et d'étude, notre produit évoluera vers une version payante au téléchargement.

Pour faciliter la gestion commerciale, un CRM sera mis en place et permettra le suivi des contacts clients. Des propositions commerciales pour les clients, dépendant du nombre de d'utilisateurs souhaitant télécharger l'application et des développements souhaités, pourront être émises.

1.2 Innovation

A. Politique de R&D

Notre projet tend à répondre à deux réelles problématiques sociétales.

Nous cherchons à **mieux former les étudiants** des facultés de médecine afin que ceux-ci acquièrent les connaissances anatomiques et histologiques nécessaires durant leur parcours universitaire mais également pour leur activité professionnelle future en tant que médecin. En formant les médecins à l'aide de nouvelles technologies, nous les invitons également à utiliser, dans l'avenir, ces mêmes outils pour communiquer l'information à leurs patients.

Nous cherchons également à mieux informer des patients atteints de pathologies aiguës et chroniques dans le but de les rendre acteurs de leur prise en charge thérapeutique et visons à **améliorer l'adhérence thérapeutique**. Ce processus est avantageux au niveau personnel puisqu'il permet, entre autre, de réduire le stress. Il est également avantageux pour les institutions tels que les hôpitaux, puisque les patients se rendront plus volontiers dans des établissements leur proposant des consultations innovantes et au service de leur compréhension. Ils suivront plus volontiers leur traitement et accepteront plus aisément une chirurgie. Cela représente également un avantage pour l'industrie médicale et pharmaceutique. Une augmentation de l'adhésion thérapeutique, mène également à une augmentation des prises en charges médicales et de la vente de médicaments. Finalement, cela pourra engendrer un avantage sociétal, entre autre économique, puisque des patients mieux suivis sont des patients qui rechutent moins et qui sont moins longtemps en maladie. Cela peut représenter des économies au niveau fédéral.

Ainsi, notre projet est à l'écoute des attentes et des suggestions de potentielles améliorations venant de la part de chacun de ses acteurs, étudiants, patients, médecins et institutions de soins afin de répondre au mieux à leurs besoins.

Notre projet s'inscrit également dans une démarche de recherche universitaire. Un soin tout particulier sera donc apporté à chaque étape de validation : validation scientifique du contenu de l'outil, validation de l'utilisabilité de l'outil par la population et validation des effets immédiats de l'outil sur les différentes dimensions de l'apprentissage, le stress et les aspects motivationnels. Cette approche, bien que coûteuse, sera le gage de l'excellence de notre produit.

B. Élargissement de l'offre

Comme expliqué dans la partie « preuve de concept », nous avons actuellement développé un outil de RA sur la partie rétropéritonéale et plus précisément le système néphro-urinaire. Ce dernier peut dès lors passer les différentes phases de tests. Notre objectif à terme est de proposer un outil comprenant tous les systèmes du corps humain. Il s'agit là de notre plus gros élargissement de l'offre.

Le produit est actuellement en version français. Une version anglaise est envisagée. Mais, bien évidemment, le produit pourrait être traduit en bien plus de langues.

De plus, suite aux demandes et retours de nos clients quant à l'aspect personnalisable du produit, nous pourrions, à terme, proposer plus de fonctionnalités sur le produit en fonction des besoins de chacun de nos clients, médecins et enseignants.

2 SWOT

Afin de caractériser notre produit, nous avons souhaité lui appliquer une analyse SWOT.

Celui-ci dispose de plusieurs avantages clairs qui le distingue de ces concurrents. Tout d'abord, il répond à un objectif clair qui est d'améliorer les connaissances médicales et anatomiques. Il peut s'adresser à un publique non initié, comme par exemple des patients. Il est basé sur des imageries médicales, des CT-scans, et créé en partenariat avec des anatomistes et histologistes, ce qui garantit l'exactitude scientifique. Ce produit est développé par une équipe spécialisée en réalité augmentée et virtuelle qui assure la personnalisation de l'outil en fonction des besoins. Finalement, cet outil sera disponible sur smartphones et tablettes à partir des plateformes de téléchargement traditionnelles ce qui le rend disponible pour le grand public. Il a également été développé pour être facile d'utilisation et ce pour tout utilisateur.

A ce stade, le projet présente néanmoins quelques inconvénients : l'équipe de développement actuelle est limitée en nombre ce qui ne permet pas le développement en parallèle de tous les modèles de systèmes d'organe nécessaires à la mise à disposition d'un outil couvrant le corps humain complet. De plus, ce manque de développeurs limite également la capacité de répondre à la demande de personnalisation possible et allonge ainsi les délais d'attente pour ces dernières.

Notre produit répond à une problématique forte représentant de nombreuses opportunités. En effet, la problématique liée au manque d'adhésion thérapeutique est une problématique actuelle forte pour de nombreux acteurs de la santé. Mais les patients sont de plus en plus demandeurs d'être actifs dans leur prise en charge thérapeutique. Ils sont également, et de façon générale, de plus en plus curieux et intéressés par les outils numériques. C'est aussi le cas des médecins qui utilisent de plus en plus d'outils numériques dans leur pratique. Notre outil se prête à des études de points en *learning analytics* qui permettraient de générer des recommandations d'utilisation notamment aux enseignants et étudiants. Finalement, il n'existe, à l'heure actuelle, aucun concurrent sur le marché. Notre produit de réalité augmentée à destination d'étudiants, de médecins et de patients a donc totalement sa place sur ce secteur de marché.

On notera cependant deux menaces à l'intégration de notre produit auprès des patients : une éventuelle réticence de certains patients à l'utilisation d'outil à partir de smartphones et également, la présence d'acteurs implantés sur des marchés proches pouvant, grâce à leurs ressources, facilement attaquer le marché visé (Tableau 3).

<ul style="list-style-type: none"> • Produit répondant à un objectif clair : améliorer les connaissances médicales et anatomiques • Produit basé sur des réalités anatomiques (imagerie) et créée en partenariat avec des anatomistes et histologistes • Produit non figé et personnalisable en fonction des besoins • Produit disponible et facile d'utilisation • Equipe de développement spécialisée en réalité augmentée et virtuelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipe de développement limitée ne permettant pas de proposer un outil complet (comprenant tous les modules) à l'origine et ne permettant qu'une personnalisation limitée • Le réseau commercial est à créer et le milieu hospitalier est relativement fermé
<ul style="list-style-type: none"> • Demande forte de solutions à la problématique d'adhésion thérapeutique • Patients désireux d'être acteurs de leur santé • Attrait de plus en plus important pour la technologie • Médecins habitués aux technologies dans leur milieu professionnel • Possibilité de <i>learning analytics</i> pour fournir des recommandations d'utilisation • Pas de concurrent direct pour un produit identique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Certains patients sont non familiers avec la technologie • Présence d'acteurs implantés sur des marchés proches pouvant, grâce à leurs ressources, attaquer le marché visé

Tableau 3 : Analyse SWOT de notre stratégie de projet

PREUVE DE CONCEPT

PREUVE DE CONCEPT

Afin de démontrer la faisabilité et l'utilisabilité de notre produit, nous avons réalisé un *proof of concept*. Notre prototype comprend une modélisation du rétropéritoine et du système néphro-urinaire à destination des enseignants ainsi que des urologues et de leurs patients.

1 L'urologie et les pathologies urologiques

L'urologie est le domaine de la médecine qui s'intéresse aux reins, aux voies urinaires, aux glandes surrénales et au système reproducteur masculin [38]. Les pathologies masculines les plus fréquemment rencontrées (fig. 1) sont les cancers de l'appareil uro-génital dont le cancer de la prostate, les troubles érectiles, les lithiases urinaires et les insuffisances rénales. Les pathologies féminines les plus fréquentes sont les cancers de l'appareil urinaires, les lithiases urinaires et insuffisances rénales [39].

Le cancer de la prostate est, d'après la fondation contre le cancer, le deuxième cancer le plus fréquent en Belgique avec 9555 cas en 2017 et 1523 décès en 2016. Il touche principalement les 60 ans et plus et ce cancer conduit à un taux de mortalité de 4,8 % dans les 5 ans [40]. Les troubles érectiles touchent quant à eux actuellement 31 millions d'hommes en Europe et seulement 15% d'entre eux prennent une médication [41]. Les lithiases urinaires touchent 10% de la population dans les pays industrialisés et augmentent avec les modifications des comportements alimentaires [42] (Figure 12).

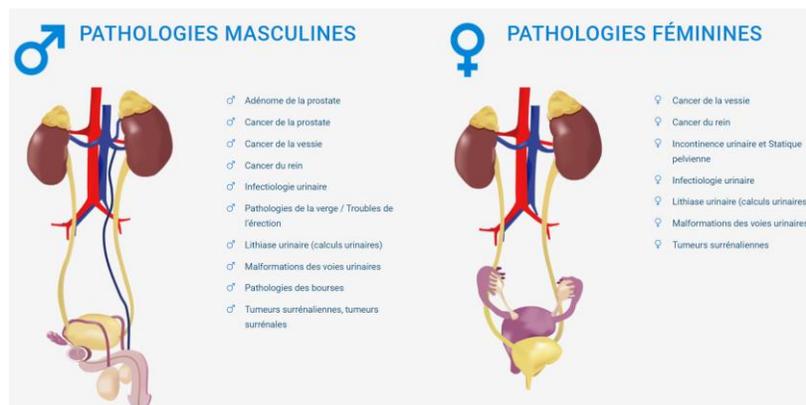


Figure 10 : Principales pathologies rencontrées dans un service d'urologie. <http://www.union-urologues.com/pathologies/> 18/09/20

2 Le module système néphro-urinaire proposé

Le module système néphro-urinaire propose un modèle 3D en réalité augmentée du rétropéritoine, de l'abdomen et du pelvis réalisé à partir de CT scan de patient. On évolue dans 4 niveaux d'observation : corps, rein, lobe et glomérule. Le premier revêt du macroscopique, le second de la transition macroscopique/microscopique, le troisième du microscopique et enfin le 4^e du microscopique jusqu'à l'ultrastructural.

2.1 Niveau corps

Au niveau corps, nous pouvons observer les structures néphro-urinaires mais également les structures osseuses, certains muscles (diaphragme, psoas iliaque, carré des lombes) et les plus gros vaisseaux sanguins (artères et veines) afin de positionner les structures les unes par rapport aux autres et d'appréhender les rapports entre chacune d'elles (Figure 11).

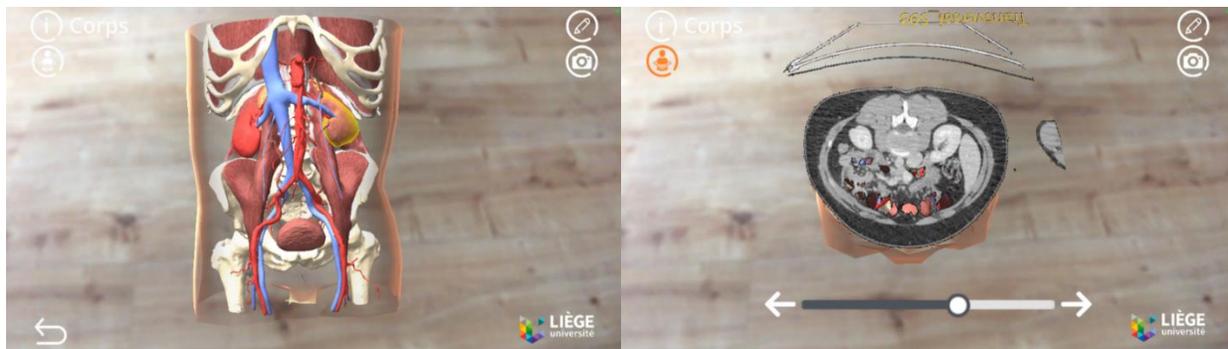


Figure 11: Images d'illustration du niveau corps de l'application

Ce module permet également de réaliser des coupes transversales du modèle et d'y observer l'image de CT scan correspondante. Cette fonctionnalité est essentielle pour permettre aux étudiants de faire des liens entre ce modèle 3D et les images de scan qu'ils apprennent à observer durant leur formation.

Il est, évidemment, possible de mobiliser le modèle dans l'espace, d'effectuer des rotations et de zoomer sur différentes structures (Figure 12).



Figure 12 : Image d'illustration du niveau corps de l'application sous un autre angle de vue

2.2 Niveau rein

Les structures associées aux système néphro-urinaire ont été mis en lumière ce qui offre la possibilité d'être observées à plus fort grossissement. Un niveau d'observation supérieur est ainsi proposé, à la limite entre la visualisation macroscopique et microscopique (Figure 13).

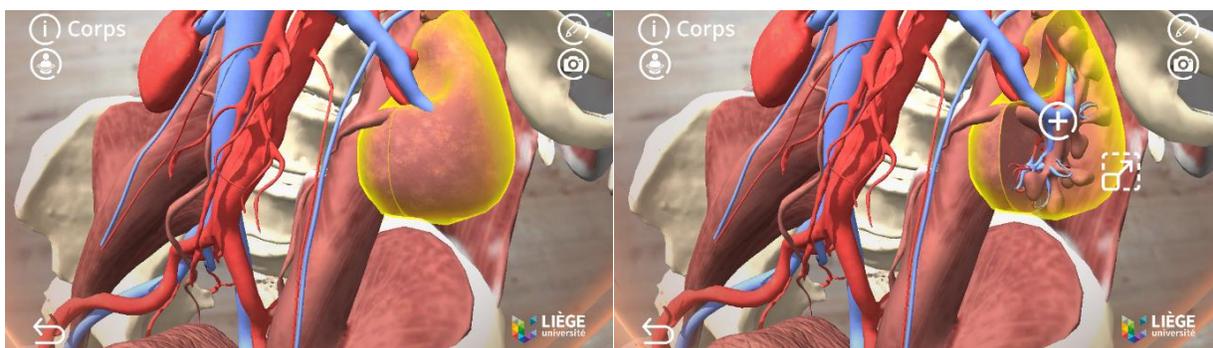


Figure 13 : Images d'illustration du niveau rein de l'application

Ces structures anatomiques à plus fort grossissement, ici un rein, peuvent également être déplacées dans l'espace et subir des rotations (Figure 14).

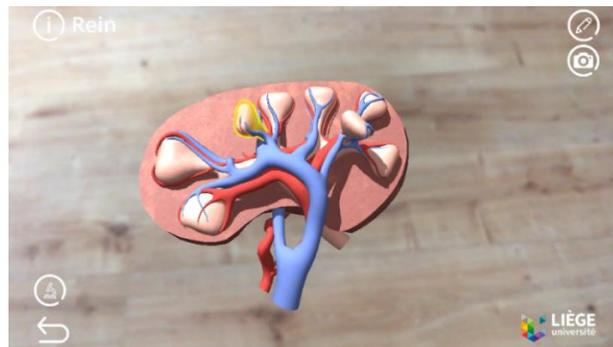


Figure 14 : Image d'illustration du niveau rein de l'application avec une coupe dans le modèle de rein

Elles peuvent également être sectionnées et révéler l'histologie associée. Les coupes histologiques en 2D sont ainsi superposées aux structures modélisées en 3D. De plus, les structures histologiques les plus pertinentes ont été mise en évidence sur le modèle grâce à l'aide de calque annoté (Figure 15).

Cette fonctionnalité est très importante pour permettre aux étudiants de faire des liens entre l'anatomie macroscopie et l'histologie aussi appelée anatomie microscopique et également pour visualiser des structures en 2D alors qu'elles ont été modélisée en 3D. Elle peut également être importante pour des patients dont l'origine de la pathologie est imputée à des structures microscopiques afin que ceux-ci appréhendent mieux leur maladie. La présence de coupes histologiques directement intégrées à un modèle 3D d'anatomie fait de notre outil un outil totalement inédit sur le marché.

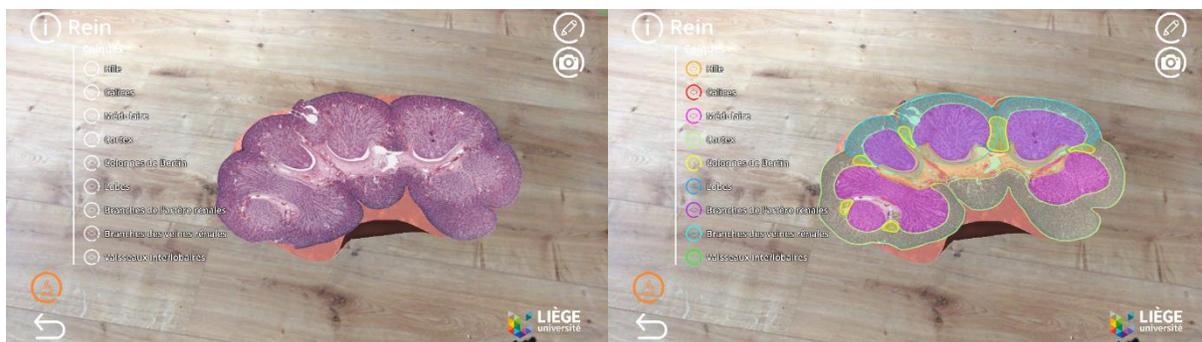


Figure 15 : Images d'illustration du niveau rein de l'application avec un coupe dans le modèle de rein et l'histologie associée

2.3 Le niveau lobe

Il est encore possible de cliquer sur les sous-structures identifiées, ici un lobe, afin d'accéder à un niveau de zoom supérieur (Figure 16).

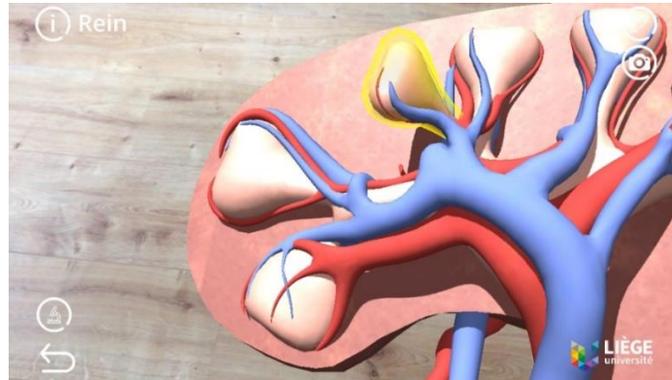


Figure 16 : Image d'illustration du niveau lobe de l'application

Il est dès lors possible d'observer des structures internes plus petites afin d'en comprendre le fonctionnement. Ici, nous visualisons un lobe de rein (Figure 17).

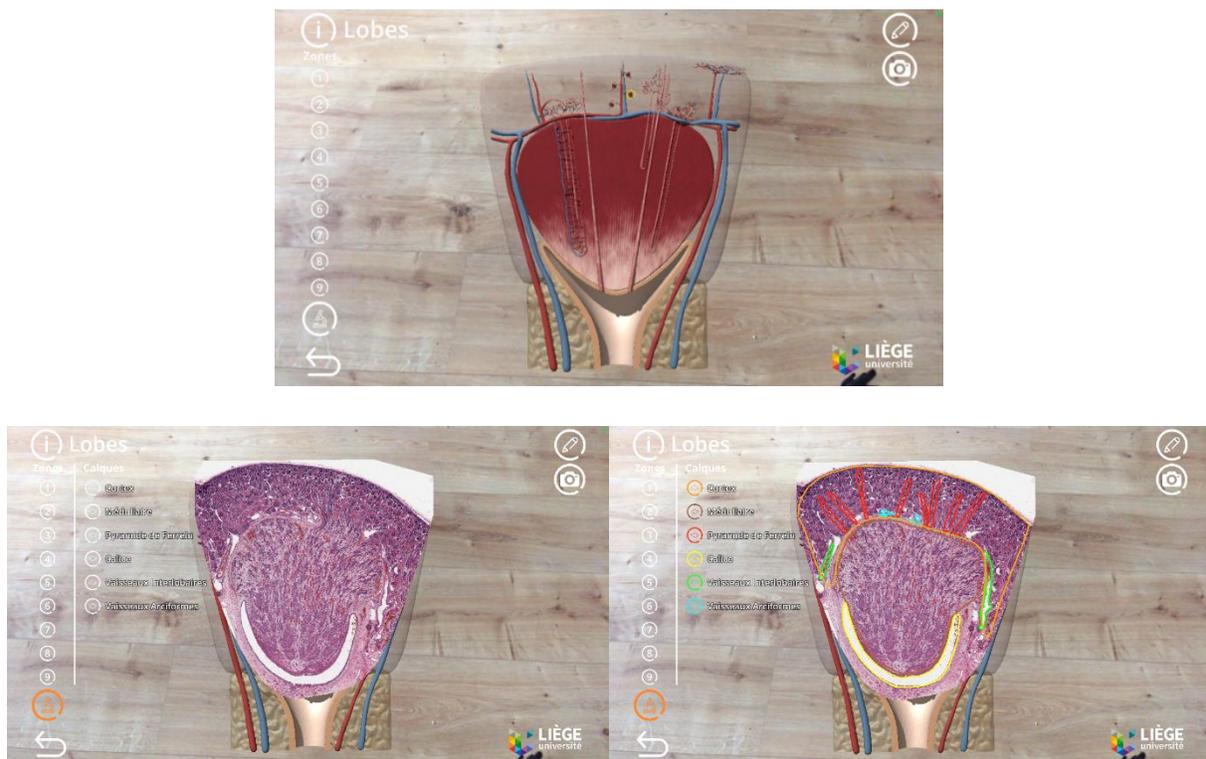


Figure 17 : Images d'illustration du niveau lobe de l'application avec une coupe dans le modèle de lobe et l'histologie associée

2.4 Niveau glomérule

Et puisque, sur un modèle construit, le niveau de zoom n'a de limite que nos connaissances scientifiques, il est possible de visualiser également des structures microscopiques et même ultrastructurales. Ici, nous zoomons à plusieurs niveaux sur un glomérule (Figure 18).

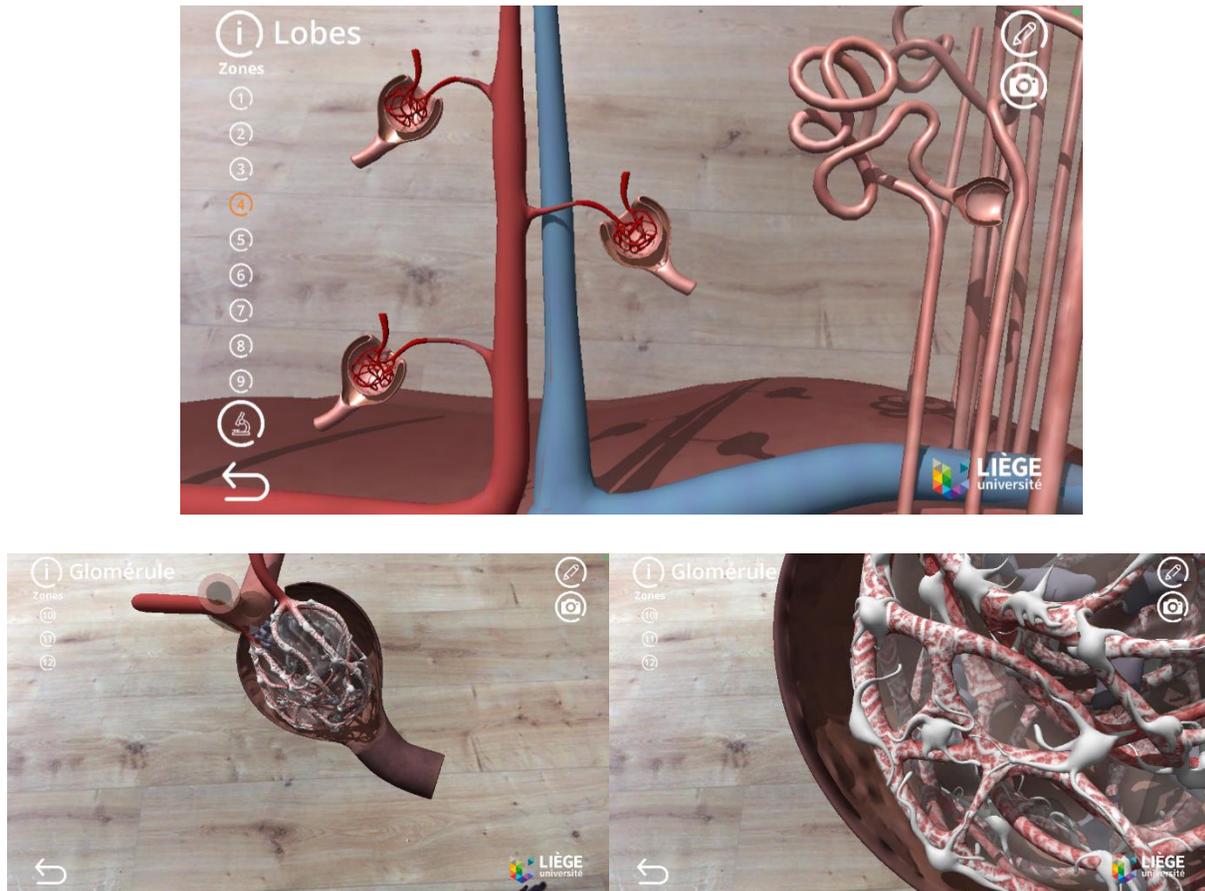


Figure 18 : Images d'illustration du niveau glomérule de l'application

Nous pouvons également leur associer les images de microscopie optique et/ou de microscopie électronique correspondantes (Figure 19).

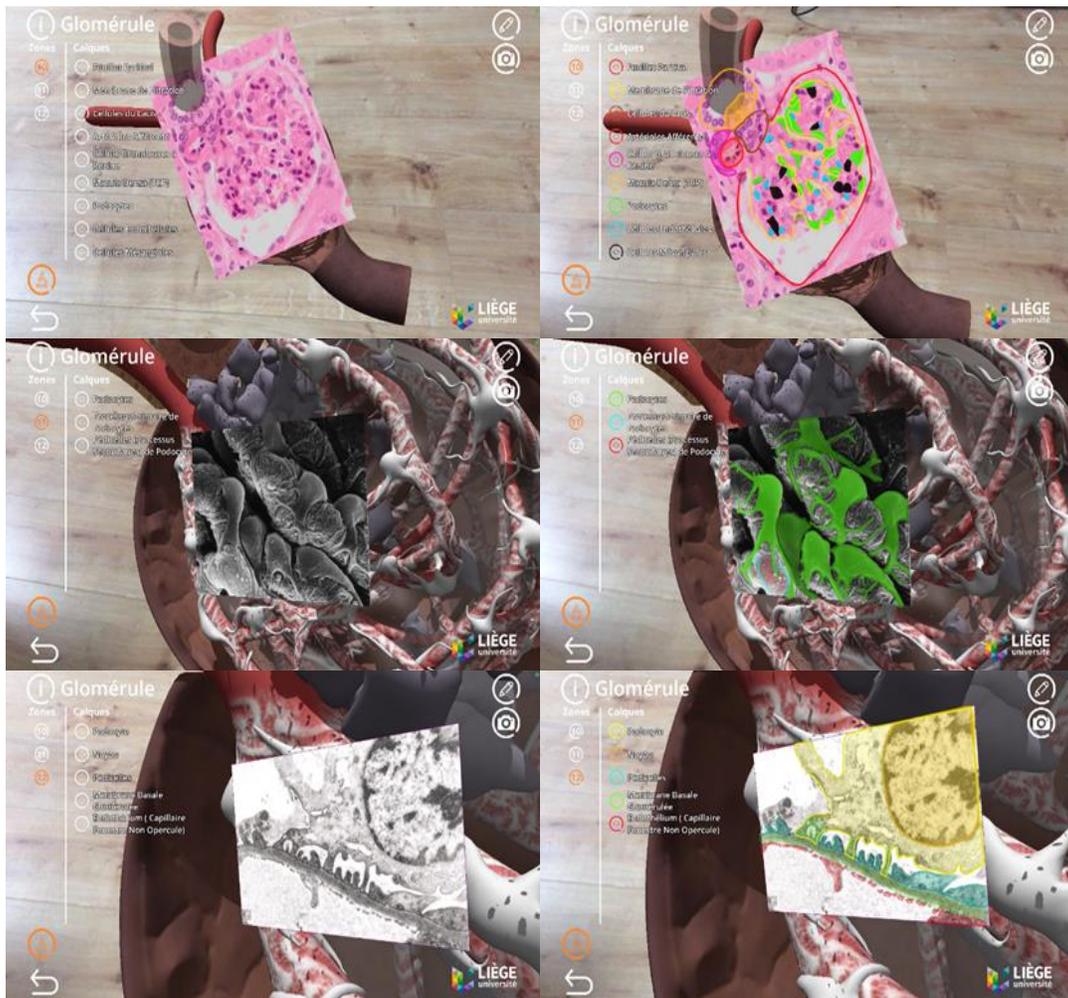


Figure 19 : Images d'illustration du niveau glomérulaire de l'application avec l'histologie associée

Ce niveau de zoom et l'association au modèle 3D anatomiques d'images histologiques, qui ont un réel intérêt dans l'apprentissage des sciences morphologiques, en fait un outil totalement inédit sur le marché.

A chaque niveau d'observation, cette dernière peut être guidée par l'enseignant ou le médecin par le biais de balises directement associées au modèle 3D. Ces balises permettent, par exemple, de mettre en évidence des zones fonctionnelles d'intérêts et leur images histologiques annotées associées. Cette fonctionnalité permet de créer des parcours d'apprentissage personnalisables et adaptés aux objectifs et apprenants.

3 Méthodes de validation

Ancré dans une démarche scientifique universitaire et afin d'assurer la qualité de notre produit, nous réalisons trois phases de validation.

3.1 La validation scientifique

Durant notre analyse de la concurrence, nous avons mis en évidence que les produits concurrents comprenaient des erreurs scientifiques.

Afin de ne pas reproduire l'erreur de nos concurrents, le développement de l'outil s'est fait directement sur base de scans. Des professionnels, anatomistes et histologistes, ont également participé activement à la création de ce produit. Ensuite, le produit a été révisé par d'autres anatomistes et histologistes. Le tout a été mis au point afin de garantir l'exactitude scientifique.

3.2 La validation de l'utilisabilité

Une phase de test sur la prise en main de l'outil par les différentes populations de nos segments de marché sera indispensable. Avant de pouvoir évaluer l'impact de son utilisation dans la pratique, il est important de savoir si l'outil est facilement pris en main par chacune des populations : enseignements, étudiants, médecins et patients.

Pour se faire, des tests relatifs à la meilleure présentation de l'outil seront réalisés. Lors de ces tests, la prise en main de l'outil se fera selon 3 méthodes différentes : après visualisation d'une vidéo explicative, accompagné d'un expert de l'outil ou en autonomie. Cela nous permettra d'évaluer la nécessité de fournir une aide pour une utilisation de l'outil optimal ainsi qu'identifier la nature de cette aide.

Des tests de perception seront réalisés sur base de sondages pour mettre en évidence l'utilisabilité de notre outil. Cela nous permettra de souligner les éventuelles faiblesses dans l'utilisabilité de notre produit.

3.3 La validation de l'implémentation

Notre projet s'inscrit dans les travaux d'une thèse de doctorat dont l'objectif est d'évaluer les usages d'outils numériques au sein d'écosystème d'apprentissage des sciences morphologiques auprès d'étudiants en faculté de médecine et de patients lors de consultations patients/médecins. Nous pourrions alors positionner notre produit dans un environnement plus large et utiliser les données de cette étude pour montrer l'impact de notre produit selon son implémentation dans les scénarisations pédagogiques des sciences morphologiques auprès d'étudiants en faculté de médecine et de patients lors de consultations patients/médecins.

COMMERCIALISATION

COMMERCIALISATION

1 Contexte

Dans ce chapitre, nous vous proposons une modélisation de la commercialisation de notre produit tel qu'elle pourrait être réalisée et cela selon plusieurs hypothèses. Notre produit pourrait être vendu par le biais d'une société de type start-up qui aurait été créée sur base de travaux réalisés au sein du laboratoire de recherche. Nous avons choisi de modéliser le lancement de cette startup dès le moment où le modèle de RA d'anatomie humaine sera développé dans son intégralité.

Avant la présentation des centres de coûts et de revenus, nous présenterons brièvement les grandes caractéristiques de la société, telle qu'imaginée, afin de faciliter la lecture des rubriques suivantes.

La société qui aura pour but de développer et vendre l'application aux segments de marché de l'enseignement et de la consultation patients-médecins emploiera, dès sa création, un *developer artist AR/VR*, un *developer mobile app* et un *business developer*. Dans cette modélisation, le *developer mobile app* sera le *Chief technology officer* (CTO) et le *business developer* serait le *Chief executive officer* (CEO) de la société.

Lors des deux premières années, le développement technique sera orienté vers le développement d'un modèle animal – un modèle souris est demandé par les départements d'enseignement en sciences vétérinaires et biomédicales – afin d'être vendu au cours de l'année 3 et la maintenance de l'application et des modèles inclus. Ainsi, lors de cette année 3, un deuxième *business developer* serait engagé pour soutenir l'effort de vente au niveau Européen. Le développement commercial sera dirigé en année un vers les universités, dans l'objectif de devenir leader dans ce segment connu, et à partir de l'année deux également vers les hôpitaux.

2 Business model canevas

L'établissement d'un modèle business canevas a permis d'élaborer notre business modèle.

Les **segments de clientèles** sont d'une part l'enseignement supérieur médical (représentée par les enseignants et les étudiants) et d'autres part les consultations médicales (représentés par les médecins et les patients).

Afin de toucher ces segments, plusieurs **canaux de distribution** sont envisagés : le démarchage directement auprès des clients, la présence à des congrès et à des évènements liés et les références dans des articles scientifiques.

La **relation clients** que nous souhaitons établir est basée sur une adaptation sur mesure de notre offre mais également des fonctionnalités du produit.

Elle repose également sur des **propositions de valeur fortes** : un modèle d'anatomie humaine (puis animales) exacte scientifiquement alliant visualisation macroscopique et microscopique inclus dans un service comprenant aide, maintenance et personnalisation.

Les **activités clés** sont organisées autour du développement, de la vente, de l'aide à l'utilisation et de la personnalisation de l'outil. Nos **ressources clés** sont l'application, les modèles 3D, imageries médicales et images histologiques qu'elle contient.

Dans notre projet, les **partenaires clés** sont les anatomistes et histologistes universitaires qui participent à la validation scientifique des modèles 3D et l'implémentation des images histologiques, ainsi que les médecins et enseignants qui participeront à l'implémentation de l'outil au sein d'écologie d'apprentissage dédié à l'enseignement et aux consultations.

Comme vous pourrez le lire dans les points suivants, nos principaux **centres des coûts** sont le personnel, le matériel et les locaux. Nos principales **sources de revenus** sont la vente de l'application directement sur les plateformes de téléchargement et la vente de packages à des organismes (universités, département d'enseignement, hôpitaux, département médicaux) (Tableau 4).

<u>Partenaires clés</u> <ul style="list-style-type: none"> - Anatomistes - Histologistes - Médecins - Enseignants 	<u>Activités clés</u> <ul style="list-style-type: none"> - Développement - Aide à l'utilisation - Personnalisation 	<u>Proposition de valeur</u> <ul style="list-style-type: none"> - Modèle d'anatomie humaine (animal) - Exactitude scientifique - Modèle macroscopique et microscopique - Personnalisation - Aide et maintenance 	<u>Relations avec les clients</u> <p>Référence scientifique (validité)</p> <p>Adaptation sur mesure</p>	<u>Segments de clientèle</u> <ul style="list-style-type: none"> - Enseignement supérieur médical (enseignants et étudiants) - Consultations médicales (médecins et patients)
	<u>Ressources clés</u> <ul style="list-style-type: none"> - L'application - Les modèles 3D - Imagerie médicale - Images histologiques 		<u>Canaux de distribution</u> <ul style="list-style-type: none"> - Démarchage - Présence à des congrès / évènements liés - Références dans des articles scientifiques 	
<u>Structure de coûts</u> <ul style="list-style-type: none"> - Personnel - Matériel et locaux 		<u>Sources de revenus</u> <ul style="list-style-type: none"> - Vente d'applications directement sur les plateformes de téléchargement - Vente de package à des organismes (universités, département d'enseignement, hôpitaux, département médicaux) 		

Tableau 4 : Business model canevas du projet

3 Centres de coûts

Cette rubrique présentera l'ensemble des centres de coûts de la société sur ces cinq premières années. Elle sera scindée en cinq rubriques : frais de constitution, frais légaux, frais de fonctionnement, frais de promotion et enfin salaires (Tableau 5).

Sauf indication contraire, tous les frais sont estimés sur une base de récurrence annuelle.

3.1 Frais de constitution

A la création de la société, des frais d'établissements et de dépôt de marque estimés à hauteur respectivement de 1500 et 1600€ sont à considérer. Ces frais sont limités à la première année.

3.2 Frais légaux

Les assurances personnelles et RC administrateurs sont respectivement estimées à 2900€/employé et 3400€.

Les frais d'expert-comptable, avocats, sécurité sociale sont regroupés et estimés à 2000€.

3.3 Frais de fonctionnement

Les loyers et les charges locatives sont estimés à 9000€ pour la première et deuxième année puis à 12000€ à partir de l'année 3 étant donné la perspective d'augmentation du nombre d'employés.

Les coûts de matériel de bureau sont estimés à 6500€ lors de la première année. Ils recouvrent principalement l'achat d'ordinateurs et de tablettes pour les différents employés. Notons que l'achat de matériel ios et android est indispensable pour réaliser les différents tests nécessaires et pour promouvoir le produit auprès des clients. Il est pris en compte que ce matériel soit remplacé au bout de 4 ans d'utilisation.

Les abonnements de téléphone et d'internet couvrent l'achat de smartphone (ios ou androides) pour chaque employé à son arrivée pour une valeur estimée de 600€ ainsi que les abonnements téléphoniques et internet pour une valeur estimée de 50€/mois/employé. Il est pris en compte que les smartphones peuvent être remplacés au bout de 4 ans d'utilisation.

Une rubrique petites fournitures est estimée à 1000€ la première année puis à 200€.

Comme précédemment décrit, l'utilisation de plusieurs logiciels est indispensable au fonctionnement de la société. Leurs frais de licence sont estimés à 4000€.

Les frais d'hébergement informatique sont estimés à 1000€.

Les frais de publication de l'application sur l'App store et le Play store sont respectivement de 99€ et 25€ la première année. Alors que les frais de publication sur le Play store sont uniques, les frais de publication sur l'App store sont récurrents annuellement.

Les frais bancaires sont estimés à 2000€.

3.4 Les frais de promotions

Le budget alloué à la publicité et à la communication ainsi que le budget lié au marketing (congrès, sponsoring) sont respectivement estimés à 1000€ et 5000 €. Le budget de marketing est, quant à lui, majoré à 20000€, moment où un autre segment de marché est attaqué (année 3).

Les frais de déplacement de d'hébergement sont estimés à 5000€ durant les années 1 et 2 puis majorés à 10000€ à partir de l'année 3. Les frais de représentation sont estimés à 3000€ durant les années 1 et 2 puis majorés à 10000€ à partir de l'année 3. Ces frais sont majorés à partir de l'année 3 suite à l'embauche d'un nouveau *business developer* et à l'attaque de nouveaux marchés.

3.5 Salaires

L'enveloppe rémunération pour le CEO est estimée à 70713.60€ annuels. L'enveloppe rémunération pour le CTO est estimée à 70713.60€ annuels. Ces deux enveloppes seront indexées lorsque la société sera rentable.

L'enveloppe liée à la rémunération du *developer artist AR/VR* est estimée à 45079.92€ annuels. L'enveloppe pour le *business developer*, à partir de l'année 3, est estimée à 70713.6€. Ces deux enveloppes sont indexées annuellement.

Libellé	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Frais de constitution,					
Frais d'établissement	1500				
Dépôt marque	1600				
Frais légaux					
Assurances personnelles	8700	8700	11600	11600	11600
Assurance RC administrateur	3400	3400	3400	3400	3400
Expert-comptable, avocats, sécurité sociale	2000	2000	2000	2000	2000
Frais de fonctionnement					
Loyer et charges locatives	9000	9000	12000	12000	12000
Matériel de bureau	6500		2500		6500
Téléphone, internet	3600	1800	3000	2400	4200
Fourniture	1000	200	200	200	200
Licences logiciels	4000	4000	4000	4000	4000
Hébergement informatique	1000	1000	1000	1000	1000
Frais de publication appstore playstore	124	99	99	99	99
Frais bancaires	200	200	200	200	200
Frais de promotion					
Budget publicité et communication	1000	1000	1000	1000	1000
Marketing (congrès, sponsoring)	5000	5000	20000	20000	20000
Frais de déplacement et d'hébergement	5000	5000	10000	10000	10000
Frais de représentation	3000	3000	10000	10000	10000
Salaires					
CEO	70713.6	70713.6	70713.6	72127.872	73570.4294
CTO	70713.6	70713.6	70713.6	72127.872	73570.4294
Enveloppe rémunération AR/VR	45079.92	45981.5184	46901.1488	47839.1717	48795.9552
Enveloppe rémunération business manager			70713.6	72127.872	73570.4294
Total					
	243131.12	231807.718	340040.949	342121.788	355706.243

Tableau 5 : Centres de coûts du projet

4 Centres de revenus

Les deux segments de marchés initiaux auxquels s'adresse le produit sont l'enseignement en faculté de médecine et les consultations médecins/patients (Tableau 6).

4.1 L'enseignement en faculté de médecine

Concernant la vente au segment de marché de l'enseignement en faculté de médecine, nous envisageons de proposer aux départements et aux universités un *package* comprenant : un nombre fixe d'accès utilisateur pour l'application par un système d'identification centrale via le système d'identification universitaire, un service de maintenance et d'éventuelles améliorations voire personnalisations de l'outil. Ces améliorations/personnalisations seront incorporées dans la version générale du produit et ne seront pas réservées à l'utilisation de l'unique université demandeuse. Nous envisageons de vendre un *package* de départ 4000€ pour 500 utilisateurs, pouvant être majoré de 1000€ pour 500 utilisateurs supplémentaires et renouvelable annuellement.

Puisque le projet est un projet universitaire et qu'une première étape de démarchage est possible avant la création de la société, nous avons pour objectif de vendre un *package* d'une valeur de 5000€ à chaque département de médecine belge durant la première année suivant la création de la société.

Nous prévoyons ensuite de vendre ce package à des universités européennes. Lors de la deuxième année, nous prévoyons de vendre 10 *packages* parmi les universités françaises, hollandaises, allemandes, anglaises et nordiques. A partir de la troisième année nous prévoyons de vendre 25 *packages* parmi les universités de ces mêmes pays. Ces chiffres pourront être majorés en années 4 et 5 suivant les démarchages réalisés.

4.2 L'enseignement élargi

Durant l'année 1 et 2, les développeurs travailleront sur l'élaboration d'un modèle de souris demandé par les facultés de médecine vétérinaire, des sciences et de sciences biomédicales. A l'heure actuelle, les démonstrations sur souris font débat sur le plan éthique. Elles pourraient être en partie ou totalement remplacées par des démonstrations sur modèles 3D.

Nous prévoyons de vendre des *packages* identiques aux *packages* du modèle humain, c'est-à-dire avec un prix de départ de 4000€ pour 500 utilisateurs.

Ainsi, dans l'année 3, nous prévoyons de vendre un *package* de ce modèle à 4000€ à 8 universités belges et 25 universités européennes.

4.3 Les consultations médecins/patients

Concernant la vente au segment de marché relatif aux consultations médecins/patients, nous envisageons de proposer aux services et aux hôpitaux un *package* comprenant : un nombre fixe d'accès utilisateurs pour l'application par un système d'identification par QR code fournit par les médecins, un service de maintenance et d'éventuelles améliorations voire personnalisation de l'outil. Ces personnalisations ne seront pas incorporées dans la version générale du produit et pourront être réservées à l'utilisation unique du service ou de l'hôpital. Ainsi, nous pourrions proposer un outil personnalisé pouvant répondre aux besoins spécifiques en termes d'informations sur la pathologie et d'informations pédagogiques. Nous envisageons de vendre un *package* de départ 5000€ pour 500 utilisateurs, pouvant être majoré de 1000€/500 utilisateurs et renouvelable annuellement. La vente de *packages tests* est envisagée. Ces package pourraient être proposés aux médecins souhaitant mettre en place une période d'essai avec un échantillon de patients (20 à 50 patients) et qui serait limitée dans le temps.

Durant l'année 1, nous prévoyons de vendre un *package* de base au CHU de Liège, partenaire de l'Université de Liège, pour 5000€. Nous prévoyons ensuite de majorer annuellement de 1000€ pour 500 utilisateurs la vente de notre application dans ce même hôpital.

Nous prévoyons à l'année 2 de vendre notre *package* de base à 30 autres hôpitaux belges, français, hollandais, allemands, nordiques et anglais. Nous prévoyons également de majorer annuellement de 1000€ pour 500 utilisateurs la vente de notre application dans ces mêmes hôpitaux.

4.4 Le téléchargement direct sur les plateformes

Durant ces 5 années de modélisation, l'application sera également disponible en téléchargement payant sur les plateformes de téléchargement App store et Play store. Afin de nous aligner vis-à-vis de la concurrence, deux démarches marketing différentes sont envisagées. La première option est de proposer notre application à un prix concurrentiel vis-à-vis d'autres applications uniquement anatomique et non validées, c'est-à-dire entre 4€ et 5€. La deuxième option est de proposer notre application à un prix proche du leader du marché proposant un modèle anatomique uniquement mais de qualité et utilisé couramment par les étudiants, c'est-à-dire entre 25€ et 30€. Si nous

souhaitons la vendre plus cher, un effort de publicité sera nécessaire pour démontrer les avantages de notre application : l'exactitude scientifique et l'approche microscopie associée.

Néanmoins, à ce stade de la modélisation, il nous semble qu'une approche de mise en vente sans publicité, et donc sans frais supplémentaire, est préférable car la prévision des ventes directement sur les plateformes de téléchargement est difficile. Nous n'avons dès lors, pas pris en compte les potentiels revenus obtenus via ce canal de distribution dans notre modélisation.

Une fois la société rentable, il est tout à fait envisageable de réaliser une étude marketing et une démarche de publicité pour faire connaître notre application sur les plateformes de téléchargement avant d'attaquer le marché mondial.

Libellé	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Enseignement en faculté de médecine					
Vente Uliège médecine	5000	5000	5000	5000	5000
Vente Unamur médecine	5000	5000	5000	5000	5000
Vente UCL médecine	5000	5000	5000	5000	5000
Vente ULB médecine	5000	5000	5000	5000	5000
Vente KUL médecine	5000	5000	5000	5000	5000
Vente Antwerpen university médecine	5000	5000	5000	5000	5000
Vente Ghent university médecine	5000	5000	5000	5000	5000
Vente VUB médecine	5000	5000	5000	5000	5000
5 universités françaises médecine		10000	25000	25000	25000
5 universités hollandaises médecine		10000	25000	25000	25000
5 universités nordiques médecine		10000	25000	25000	25000
5 université allemandes médecine		10000	25000	25000	25000
5 université anglaise médecine		10000	25000	25000	25000
Enseignement élargis					
Vente Uliège bio/vt/biomed (souris)			4000	4000	4000
Vente UNamur bio/vt/biomed (souris)			4000	4000	4000
Vente UCL bio/vt/biomed (souris)			4000	4000	4000
Vente ULB bio/vt/biomed (souris)			4000	4000	4000
Vente KUL médecine bio/vt/biomed (souris)			4000	4000	4000
Vente Antwerpen university médecine bio/vt/biomed (souris)			4000	4000	4000
Vente Ghent university médecine bio/vt/biomed (souris)			4000	4000	4000
Vente VUB médecine bio/vt/biomed (souris)			4000	4000	4000
5 université française (souris)			20000	20000	20000
5 universités hollandaises (souris)			20000	20000	20000
5 université nordiques (souris)			20000	20000	20000
5 université allemandes (souris)			20000	20000	20000
5 université anglaise (souris)			20000	20000	20000

Les consultations médecins patients					
Vente CHU Liège	5000	6000	7000	8000	9000
Vente 5 hopitaux belges		25000	30000	35000	40000
Vente 5 hopitaux français		25000	30000	35000	40000
Vente 5 hopitaux hollandais		25000	30000	35000	40000
Vente 5 hopitaux allemands		25000	30000	35000	40000
Vente 5 hopitaux nordiques		25000	30000	35000	40000
Vente 5 hopitaux anglais		25000	30000	35000	40000
Total					
	45000	246000	484000	515000	546000

Tableau 6 : Centres de revenus du projet

5 Analyse de la balance et du bilan

Au terme de cette modélisation (Tableau 7), nous pouvons constater que la société serait rentable au bout de la deuxième année. Le bilan de la société, quant à lui, serait négatif pendant les 3 premières années suivant sa constitution mais deviendrait positif au terme de la 4^e année.

Libellé	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Charges	243131.12	231807.718	340040.949	342121.788	355706.243
Revenus	45000	246000	484000	515000	546000
Balance	-198131.12	14192.2816	143959.051	172878.212	190293.757
Bilan	-198131.12	-183938.838	-39979.7872	132898.425	323192.182

Tableau 7 : Etats financiers sur 5 ans de la société suivant notre modèle et sans capital de départ.

Une levée de fonds de 250.000€ serait nécessaire à la création de cette entreprise (Tableau 8).

Capital	250000				
Charges	243131.12	231807.718	340040.949	342121.788	355706.243
Revenus	45000	246000	484000	515000	546000
Balance	51868.88	14192.2816	143959.051	172878.212	190293.757
Bilan	51868.88	66061.1616	210020.213	382898.425	573192.182

Tableau 8 : Etats financiers sur 5 ans de la société suivant notre modèle avec un capital de départ de 250 000€

PERSPECTIVES

PERSPECTIVES

Au-delà du modèle sur 5 ans que nous venons de décrire, les ambitions à plus long terme sont décrites en terme d'emploi, de développement, de vente et de finalité.

1 Emploi

Au terme des cinq premières années, un puis deux ETP *developeppers* supplémentaires seront engagés pour accélérer le développement d'autres modèles (voir point développement).

L'emploi, au minimum, d'un ETP *business developer* sera nécessaire pour assurer l'expansion de la société sur le marché international. Il pourra être complété par une deuxième ETP en fonction de la rapidité d'expansion sur ce marché.

2 Développement

Au terme des 5 premières années, plusieurs développements sont envisagés comme la construction d'autres modèles mammifères – chiens, chats, chevaux... - pour répondre à une demande du secteur vétérinaire mais également des modèles plus variés – mammifères, oiseaux, reptiles – à destination de l'enseignement de la médecine vétérinaire, des sciences biologiques et ce même dans l'enseignement secondaire.

Il sera également possible de proposer des modèles humains pathologiques pouvant être utiles dans le cursus d'enseignement clinique en faculté de médecine.

Finalement, afin de pouvoir proposer le modèle à des médecins et des patients d'autres pays, et ce, de façon plus massive, un effort de traduction de l'outil sera indispensable. Il pourra cependant se faire grâce à de la consultance.

3 Ventes

Au terme des 5 premières années, deux efforts supplémentaires seront fournis. Grace à la traduction de l'outil (notamment en italien, en allemand et en espagnol), il sera nécessaire à la société de devenir leader sur le marché européen. Ainsi, dans un second temps, l'effort consistera à attaquer le marché international.

Cette recherche de monopole puis l'expansion devra se faire pour le segment de l'enseignement puis pour le segment de l'information thérapeutique.

4 Finalité

A 10 ans, la société possédant les divers modèles d'anatomie précédemment cités devra devenir leader du marché européen. Pour se faire, il devra garantir une exactitude scientifique, une approche microscopique et macroscopique ainsi qu'un service de personnalisation, ces caractéristiques lui permettant de se démarquer de ses concurrents.

Dans ces délais, elle devra également attaquer le marché international.

DISCUSSION – CONCLUSION

DISCUSSION - CONCLUSION

En enseignement, face aux difficultés que représente l'apprentissage des sciences morphologiques (la mémorisation de la terminologie technique et la compréhension des relations tridimensionnelles des différentes structures du corps), à la réduction du nombre d'heures disponibles à leur enseignement, à la nouvelle approche d'apprentissage centrée sur l'apprenant et en module ainsi qu'à l'émergence de nouvelles technologies d'enseignement, repenser les outils optimisant l'apprentissage est devenu incontournable.

En consultation, la bonne connaissance de la région anatomique où se situe la pathologie et ses spécificités et l'accès à des informations de qualité permettraient de favoriser l'adhésion thérapeutique du patient qui est primordiale pour la réussite d'un traitement, au sein d'une communauté de pratique patients-médecin.

Ce travail vise ainsi à identifier la ou les solution(s) permettant de répondre à une problématique forte : la non-connaissance ou méconnaissance des sciences morphologiques dans deux contextes d'apprentissage : chez les étudiants en faculté de médecine et au sein de consultations médicales.

Une étude marketing préliminaire auprès des étudiants et enseignants nous a permis d'identifier une difficulté des étudiants pour passer des structures 2D aux structures 3D notamment lors de l'utilisation de ressources numériques 2D. Les étudiants semblent pallier à ce problème en utilisant des applications 3D non-encore utilisées dans les travaux pratiques d'anatomie. Malheureusement, parmi ces nombreuses applications disponibles, peu ne comportent pas d'erreurs anatomiques et parmi ces dernières, coûtant généralement très cher, aucune n'est validée par l'ensemble du corps enseignant comme répondant aux objectifs pédagogiques.

Dans le cadre de ce mémoire, nous aurions également souhaité investiguer le second segment de marché interrogeant, à minima, quelques médecins lors d'interview pour connaître, de façon plus formelle, leurs besoins. Au vu de la crise actuelle, nous avons décidé de ne pas explorer cette piste, cette population étant déjà extrêmement sollicitée. Néanmoins, cela est envisagé à l'avenir.

La réalisation d'une brève étude de marché a mis en évidence qu'aucun des produits existant ne répond efficacement à l'ensemble des besoins des segments de marchés identifiés. En effet, outre le manque de validité scientifique, aucun produit intégrant les disciplines de l'anatomie et de l'histologie n'a été identifié. De plus, aucun de ces outils ne peut être personnalisé par le médecin

et donc personnalisé pour le patient, sa pathologie, ses spécificités et ses comorbidités. Ainsi, nous avons identifié une opportunité de positionnement répondant à la fois à la problématique du manque de connaissances médicales et anatomiques mais également à un manque d'outils personnalisables.

Le produit proposé, tel qu'il a également pu être présenté dans la partie *preuve de concept* répond à la problématique et se démarque de la concurrence de plusieurs façons.

Tout d'abord, sa nature 3D reposant sur une technologie de réalité augmentée est idéale à l'apprentissage des sciences morphologiques (anatomie et histologie) pour lesquels la transition d'une visualisation 2D à une visualisation 3D est particulièrement importante et difficile.

Ensuite, ce produit est intégratif. Il propose à la fois des modèles macroscopiques et microscopiques intégrant l'anatomie et l'histologie ce qui en fait un outil totalement novateur sur le marché. Il permet également la superposition au modèle d'informations théoriques à destination des étudiants mais également médicales à destination des patients.

C'est un produit hautement personnalisable dont le contenu peut, dès lors, être totalement validé et en adéquation avec les objectifs de enseignants et médecins.

Finalement, l'entreprise s'ancre dans une démarche scientifique forte qui tend à valider l'outil tant d'un point de vue anatomique que scientifique notamment via sa construction directement basée sur de l'imagerie médicale et son co-développement avec des anatomistes et histologistes universitaires garantissant ainsi son exactitude.

Suite à notre preuve de concept, nous aurions aimé, dans le cadre de ce mémoire, réaliser quelques tests hors validation avec des enseignants et médecins pour recueillir leur ressentis et leurs remarques. Cela n'a malheureusement pas encore pu être réalisée pour les même raisons qu'énoncé plus tôt. Néanmoins, les protocoles de validations ont été élaborés et des tests seront bientôt effectués.

Dans la partie commercialisation, une simulation du modèle commercial de la solution proposée a été réalisée. Reposant sur des hypothèses, les résultats obtenus lors de cette simulation auraient pu être différents avec d'autres choix stratégiques. Ainsi, nous avons décidé que le produit serait vendu par le biais d'une société de type start-up dont l'activité commencerait au moment où le modèle de RA d'anatomie humaine serait développé dans son intégralité. Cela suggère que le projet puisse se

poursuivre et aboutir au sein de l'Université de Liège, au moins jusqu'à ce stade avant la création de la start-up. Cela pourrait se faire par la continuité de projets de recherche permettant d'obtenir un produit complet et commercialisable en l'état. Cette condition était, selon nous, la condition nécessaire, à la viabilité de la start-up. En effet, il aurait été extrêmement difficile de vendre un modèle RA non complet à des universités ou hôpitaux.

Au terme de cette modélisation, la société serait rentable au bout de la deuxième année. Le bilan de la société, quant à lui, serait négatif pendant les 3 premières années suivant sa constitution mais devient positif au terme de la 4^e année. Une levée de fonds de 250.000€ serait également nécessaire à la création de cette entreprise.

Cependant, une levée de fonds plus importante serait nécessaire. En effet, dans notre modélisation, nous avons considéré qu'un an serait nécessaire entre l'approche d'un client et la signature de ce dernier. Or, avec des universités et des hôpitaux comme clients, des délais plus long sont souvent observés. Une levée de fond plus importante permettrait de garantir la liquidité de la société si le point de rentabilité arrivait après la 4^e année. En plus de fonds de projets exceptionnels ponctuels auquel la société pourrait être éligible au moment de sa création, le recours à des prêts comme les prêts Novalia ou à des fonds d'investissement public, tel que Noshaq, ou privé est à envisager.

Les perspectives de la société sont de devenir leader du marché européen concernant la commercialisation de produits de RA à destination de l'enseignement et de la consultation. Elle se positionnera également sur le marché international. Pour ce faire, la société poursuivra son effort de développement technique afin d'élargir son offre et le public touché via l'embauche de différents développeurs ainsi que de développement commercial en embauchant différents *business developer*.

En conclusion, ce travail a permis de décrire une problématique et d'identifier une opportunité de placement. Une solution répondant à cette opportunité a été proposée et conçue afin de présenter une preuve de concept. Finalement, une stratégie d'entreprise et une simulation de commercialisation a été modélisé et a permis de mettre en évidence la viabilité d'un tel projet si celui-ci était lancé.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] S. R. de Bere and K. Mattick, "From anatomical 'competence' to complex capability. The views and experiences of UK tutors on how we should teach anatomy to medical students," *Adv. Heal. Sci. Educ.*, vol. 15, no. 4, pp. 573–585, 2010.
- [2] B. Sandrin-Berthon, "Pourquoi parler d'éducation dans le champ de la médecine?," in *L'éducation du patient au secours de la médecine*, Paris : PU., E. Sandrin-Berthon B, et al., Ed. 2000.
- [3] E. Lerner, D. Jehle, D. Janicke, and R. Moscati, "Medical communication: Do our patients understand?," *Am J Emerg Med.*, no. 8:764–766. doi: 10.1053/ajem.2000.18040., 2000.
- [4] P. Kelly and P. Haidet, "Physician overestimation of patient literacy: a potential source of health care disparities," *Pat Educ Couns.*, no. ;66:119–122. doi: 10.1016/j.pec.2006.10.007, 2007.
- [5] K. Shaffer, "Teaching Anatomy in the Digital World," *N. Engl. J. Med.*, vol. 351, no. 13, pp. 1279–1281, 2004.
- [6] W. Pawlina and N. Lachman, "Dissection in learning and teaching gross anatomy: Rebuttal to McLachlan," *Anat. Rec. - Part B New Anat.*, vol. 281, no. 1, pp. 9–11, 2004.
- [7] V. Singh and P. Kharb, "A paradigm shift from teaching to learning gross anatomy: Meta-analysis of implications for instructional methods," *J. Anat. Soc. India*, vol. 62, no. 1, pp. 84–89, 2013.
- [8] P. Levy, "Computers in medical education," *Univ. Toronto Med. J.*, vol. 88, no. 2, pp. 107–112, 2011.
- [9] W. S. Brooks, K. T. C. P. Woodley, J. R. Jackson, and C. J. Hoesley, "Integration of gross anatomy in an organ system-based medical curriculum: Strategies and challenges," *Anat. Sci. Educ.*, vol. 8, no. 3, pp. 266–274, 2015.
- [10] J. P. Collins, "Modern approaches to teaching and learning anatomy.," *BMJ*, vol. 337, Sep. 2008.
- [11] R. E. Mayer and R. B. Anderson, "The Instructive Animation: Helping Students Build Connections Between Words and Pictures in Multimedia Learning," *J. Educ. Psychol.*, vol. 84, no. 4, pp. 444–452, 1992.
- [12] D. W. Nierenberg, "The challenge of 'teaching' large groups of learners: Strategies to increase active participation and learning," *Int. J. Psychiatry Med.*, vol. 28, no. 1, pp. 115–122, 1998.
- [13] J. Collins, "Analysis modern approaches to teaching anaotomy.full," *Bmj*, vol. 337, no. September, pp. 665–667, 2008.
- [14] M. A. Aziz, J. C. Mckenzie, J. S. Wilson, R. J. Cowie, S. A. Ayeni, and B. K. Dunn, "The human cadaver in the age of biomedical informatics," *Anat. Rec.*, vol. 269, no. 1, pp. 20–32, 2002.
- [15] L. M. Parker, "Anatomical dissection: Why are we cutting it out? Dissection in undergraduate teaching," *ANZ J. Surg.*, vol. 72, no. 12, pp. 910–912, 2002.
- [16] G. Vincke, "Quel futur pour l' utilisation pédagogique de Cytomine à l' ULiège?," pp. 1–10, 2017.
- [17] S. Mione, M. Valcke, and M. Cornelissen, "Evaluation of virtual microscopy in medical histology teaching," *Anat. Sci. Educ.*, vol. 6, no. 5, pp. 307–315, 2013.

- [18] M. K. Gatumu, P. M. Headley, F. M. MacMillan, J. R. Harris, and P. D. Langton, "Evaluation of usage of virtual microscopy for the study of histology in the medical, dental, and veterinary undergraduate programs of a UK University," *Anat. Sci. Educ.*, vol. 7, no. 5, pp. 389–398, 2013.
- [19] "Données phares en soin de santé - Hopitaux généraux," 2019. [Online]. Available: chrome-extension://dagcmkpagjlhakfdhnbomgmjdpkdklff/enhanced-reader.html?pdf=https%3A%2F%2Fwww.healthybelgium.be%2Fimages%2FDonne%25CC%2581es_Phares_Soins_de_sante%25CC%2581_2019_pdf.pdf.
- [20] A. Coulter, "The autonomous patient: Ending paternalism in medical care," *London Nuff. Trust Res. Policy Stud. Heal. Serv.*, 2002.
- [21] I. Moley-Massol, *Relation médecin-malade : enjeux, pièges et opportunités – Situations pratiques*, Courbevoie. 2007.
- [22] A. Lacroix and J. Assal, *L'éducation thérapeutique des patients : accompagner les patients avec une maladie chronique : nouvelles approches*, 3e éd. Par. 2011.
- [23] P. Barrier, *La blessure et la force*, Paris : PU. 2010.
- [24] M. Kempf, *Réflexions sur la distance professionnelle dans le soin*, Santé Éduc. 2015.
- [25] M. Bachelard, "L'alliance thérapeutique," in *L'aide-mémoire de psychologie médicale et psychologie du soin en 58 notions*, Paris : Du., 2012, p. 372.
- [26] J. Weinman, G. Yusuf, R. Berks, S. Rayner, and K. J. Petrie, "How accurate is patients' anatomical knowledge : a cross-sectional , questionnaire study of six patient groups and a general public sample," vol. 6, pp. 1–6, 2009.
- [27] R. Amouroux, C. Rousseau-Salvador, and D. Annequin, "L'anxiété préopératoire: manifestations cliniques, évaluation et prévention," *Ann. Med. Psychol. (Paris)*, vol. 168, no. 8, pp. 588–592, 2010.
- [28] L. R. Martin, K. B. Haskard, and M. R. Dimatteo, "The challenge of patient adherence," vol. 1, no. 3, pp. 189–199, 2005.
- [29] A. Codd and B. Choudhury, "Virtual reality anatomy: Is it comparable with traditional methods in the teaching of human forearm musculoskeletal anatomy?," *Anat Sci Educ*, pp. 4:119–125., 2011.
- [30] E. Messier, J. Wilcox, A. Dawson-Elli, and C. Diaz G Linte, "An interactive 3D virtual anatomy puzzle for learning and simulation - Initial demonstration and evaluation.," *Stud Heal. Technol Inf.*, pp. 220:233–240, 2016.
- [31] K. Marsh, B. Giffin, and D. J. Lowrie, "Medical student retention of embryonic development: Impact of the dimensions added by multimedia tutorials," *Anat Sci Educ*, pp. 1:252–257, 2008.
- [32] D. Brewer, T. Wilson, R. Eagleson, and S. de Ribaupierre, "No Evaluation of neuroanatomical training using a 3D visual reality model.," *Stud Heal. Technol Inf.*, pp. 173:85–91, 2012.
- [33] L. Helle, M. Nivala, P. Kronqvist, K. Ericsson, and E. Lehtinen, "Do prior knowledge, personality and visual perceptual ability predict student performance in microscopic pathology?," *Med Educ*, pp. 44:621–629, 2010.
- [34] B. Kyaw *et al.*, "Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration," *Med Internet Res*, p. 21, 2019.
- [35] D. Garrison and Z. Akyol, "Role of instructional technology in the transformation of higher education," *J Comput High Educ*, pp. 21:19–30., 2009.

- [36] “Encyclopédie Larousse en ligne - imagerie médicale.” [Online]. Available: https://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/imagerie_medicale/13805. [Accessed: 18-Sep-2020].
- [37] “Imagerie médicale — Wikipédia.” [Online]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Imagerie_medicale. [Accessed: 18-Sep-2020].
- [38] “Urologie — Wikipédia.” [Online]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Urologie>. [Accessed: 18-Sep-2020].
- [39] “Cancer de la prostate - Union des Urologues.” [Online]. Available: <http://www.union-urologues.com/pathologies/pathologies-masculines/cancer-de-la-prostate-chez-l-homme/>. [Accessed: 18-Sep-2020].
- [40] “Cancer de la prostate | Fondation contre le Cancer.” [Online]. Available: https://www.cancer.be/les-cancers/types-de-cancers/cancer-de-la-prostate?gclid=Cj0KCQjwZ7BRDzARIsAGjbK2ZNbDKCGPvNYKEw29VFzfKaQavlX5c0COP2y-daAMrPh9knjhpVjUoaAkuYEALw_wcB. [Accessed: 18-Sep-2020].
- [41] “Troubles érectiles: les hommes concernés par les troubles de l’érection, solutions, e-sante.be | E-santé.” [Online]. Available: <https://www.e-sante.be/troubles-erectiles-ce-qu-il-faut-savoir/actualite/815>. [Accessed: 18-Sep-2020].
- [42] V. Castiglione *et al.*, “Épidémiologie de la lithiase urinaire en Belgique sur base dune classification morfo-constitutionnelle,” *Nephrol. Ther.*, vol. 11, no. 1, pp. 42–49, 2015.