

Université de Lille  
Faculté d'Ingénierie et Management de la Santé (ILIS)  
Master Ingénierie de la Santé  
Parcours Healthcare Business et Recherche Clinique  
Année universitaire 2021 - 2022

# Chloé RUSINEK

**Mémoire de fin d'études de la 2<sup>ème</sup> année de Master**

Sous la direction de Monsieur Florent Occelli

**Le futur du métier d'ingénieur d'application :  
La réalité virtuelle, nouvel outil de formation à distance dans la santé**

---

Dans quelles mesures la réalité virtuelle pourrait devenir un outil pertinent de l'ingénieur d'application dans la formation à distance des professionnels de santé aux dispositifs médicaux ?

**Date de la soutenance** : Lundi 11 juillet 2022

**Composition du jury** :

- Président de jury : Madame Hélène GORGE
- Directeur de mémoire : Monsieur Florent OCCELLI
- 3<sup>ème</sup> membre du jury : Madame Aude DIEZ

Faculté d'Ingénierie et Management de la Santé (ILIS)  
42, rue Ambroise Paré  
59120 Loos

## Remerciements

Avant toute chose je souhaiterais remercier l'ensemble des personnes ayant contribué à l'accomplissement de ce mémoire de fin d'études et sans lesquelles sa réalisation n'aurait pas été possible.

Je voudrais remercier la Faculté d'Ingénierie et Management de la Santé (ILIS) qui m'a offert l'opportunité de mener un travail de recherche de grande envergure. Ce mémoire clôture les quatre années passées à l'ILIS qui me permettent aujourd'hui de concrétiser mon projet professionnel dans ce milieu extrêmement riche qu'est la santé.

Mes remerciements vont plus particulièrement à mon directeur de mémoire Monsieur Florent Occelli qui m'a épaulée dans le cadre de ce travail. Ses précieux conseils et son expertise sur le sujet ont guidé ma réflexion tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Je tenais également à témoigner ma reconnaissance à Madame Hélène Gorge, présidente de jury, qui, par son implication envers les étudiants, m'a accordé de son temps pour répondre à mes questions. Ses nombreuses connaissances ont été indispensables à la réalisation de ce travail.

Je remercie également l'ensemble des professionnels de santé et des ingénieurs d'application d'avoir participé à ce travail de recherche et donner de leur disponibilité pour la réalisation d'entretiens. Ces échanges constructifs ont permis d'alimenter ma réflexion, ce qui a fortement contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Enfin, je tenais également à exprimer ma plus profonde gratitude à mon entourage pour leur soutien moral et intellectuel tout au long de cette année. Je remercie mes parents et mon amie, Floraline Cuvelier pour la relecture attentive de mon mémoire. Mes remerciements vont plus particulièrement à Rémy Dachy pour ses multiples encouragements et conseils qui m'ont grandement aidé dans la rédaction de ce mémoire.

# Sommaire

<b>Liste des figures</b>	<b>5</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>5</b>
<b>Liste des annexes</b>	<b>5</b>
<b>Liste des abréviations</b>	<b>6</b>
<b>Glossaire</b>	<b>7</b>
<b>Introduction</b>	<b>9</b>
<b>Partie I - Revue De Littérature</b>	<b>11</b>
I. Les utilisations de la réalité virtuelle dans la formation médicale	11
A. L'entraînement par la dissection virtuelle	11
B. L'enseignement de l'empathie	13
C. La formation initiale et continue des professionnels de santé	14
II. La réalité virtuelle et formation à distance	18
A. La place de la formation à distance dans la santé	18
B. Le VD-Learning dans le domaine de la santé	19
1. Classes virtuelles	20
2. Autres formes du VD-learning	21
III. Les avantages et limites de la réalité virtuelle	23
A. Les problématiques de la formation médicale	23
B. Les bénéfices de la réalité virtuelle	27
1. Dans la formation	27
2. Dans la formation à distance (VD-learning)	31
C. Les limites et défis de la réalité virtuelle	34
<b>Partie II - Étude de terrain</b>	<b>37</b>
I. Conclusion intermédiaire et question de recherche	37
A. Résumé de la revue de littérature	37
B. Problématiques de recherche	38
II. Méthodologie	40
A. Objectifs de l'étude de terrain	41
B. Méthode choisie	41
C. Terrain d'étude	42
D. Collecte des données	43

E. Traitement des données	45
III. Analyse des résultats des entretiens	46
A. L'ingénieur d'application, un métier riche mais éprouvant	46
1. L'importance de l'ingénieur d'application dans la formation	46
a) Une expertise technique	46
b) Une relation de partage	47
2. Une implication du corps médical parfois difficile	48
B. La FAD et la RV : une solution gagnant-gagnant ?	51
1. Des outils prometteurs	51
a) Des pratiques plus ou moins répandues	51
b) De nombreux atouts	54
2. Mais des précautions à considérer	57
a) L'importance du contact humain	57
b) Autres précautions	58
C. La formation médicale de demain	59
1. Des outils complémentaires, jamais exclusifs	59
2. Quel positionnement de la réalité virtuelle ?	61
D. L'ingénieur d'application : un métier à forte évolution	63
IV. Synthèse des résultats	65
<b>Partie III - Recommandations</b>	<b>66</b>
I. Recommandations pour les entreprises de dispositifs médicaux et les ingénieurs d'application	66
A. Plan d'action pour optimiser la formation, limiter les déplacements et rentabiliser le temps	66
1. Conserver le présentiel pour les formations initiales	66
2. La FAD pour préparer les formations initiales et pour le dépannage	67
a) Préparer l'intervention de l'ingénieur d'application	67
b) Assurer le suivi à distance	70
3. Le VD-learning (RV) pour les formations d'accompagnement	72
B. Mise en place de la réalité virtuelle : exemple d'une plateforme de VD-learning	74
1. Description de Health Formation Cloud	74
2. Fonctionnalités	75
a) Cloud	75
b) Messagerie centralisée et visioconférences	75
c) Formations en RV individuelles ou collaboratives	76

d) Feedback, évaluation et analyse des données	77
e) Tableau de bord	78
3. Promotion	79
a) La RV dans l'offre de vente	79
b) Des formations RV agréées par l'Agence Nationale du Développement Professionnel Continu	79
c) Publications scientifiques et Key Opinion Leader	80
II. Recommandations aux professionnels de santé	81
III. Discussion et pistes de réflexion	83
<b>Conclusion</b>	<b>84</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>86</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Application HoloHuman	12
<b>Figure 2</b> : Table Anatomage	12
<b>Figure 3</b> : Extrait d'un scénario de RV du laboratoire SimforHealth	15
<b>Figure 4</b> : Simulateur laparoscopique LapSim	16
<b>Figure 5</b> : Simulateurs VirtaMed ArthroS et EYESI	17
<b>Figure 6</b> : Évaluation de l'expérience de Second Life (SL) dans la FMC	20
<b>Figure 7</b> : Risques de complications chirurgicales selon le niveau de compétence	25
<b>Figure 8</b> : Répartition des facteurs impactant la formation	26
<b>Figure 9</b> : Évaluation des compétences chirurgicales	30
<b>Figure 10</b> : Répartition des utilisations de la RV	38
<b>Figure 11</b> : Exemple d'un élément figurant sur une fiche simplifiée	68
<b>Figure 12</b> : Exemple d'une procédure de résolution de problème	71
<b>Figure 13</b> : Extrait d'un scénario de RV de la société OMS	73

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Sujets interrogés pour l'étude	44
---	----

## Liste des annexes

<b>Annexe I</b> : Guide d'entretien à destination des professionnels de santé	94
<b>Annexe II</b> : Guide d'entretien à destination des ingénieurs d'application	95
<b>Annexe III</b> : Entretien semi-directif avec le Dr. Lee anesthésiste-réanimateur	96

## Liste des abréviations

**CE** : Conformité Européenne

**DM** : Dispositif Médical

**DPC**: Développement Professionnel Continu

**FAD** : Formation à distance

**FMC** : Formation Médicale Continue

**IA** : Ingénieur d'Application

**IRM** : Imagerie par Résonance Magnétique

**RV** : Réalité Virtuelle (ou VR : Virtual Reality)

**SAV** : Service Après Vente

**VD-learning** : Virtual Distance learning

**2D** : Deux Dimensions

**3D** : Trois Dimensions

# Glossaire

**Casque de RV (VR) :** casque composé de capteurs, d'écrans, de lentilles et d'un système audio (microphone et écouteurs) qui permet à un utilisateur de visualiser un environnement virtuel 3D c'est-à-dire grand angle (360°). Selon les modèles, des capteurs situés dans la pièce détectent les mouvements de tête de l'utilisateur ce qui lui permet de regarder tout autour de lui. Généralement, le casque est relié à une unité de traitement qui est le plus souvent un ordinateur. Des manettes interactives peuvent être ajoutées et envoyer un retour de force (retour haptique) pour procurer une sensibilité tactile [1].

**Formation À Distance (FAD) :** caractérise la distance spatiale entre un apprenant ou groupe d'apprenants et le ou les enseignants. La formation, comme son nom l'indique, se fait à distance et non plus en présentiel comme dans les méthodes traditionnelles. La FAD repose sur le principe d'autonomie et d'indépendance favorisant l'auto-apprentissage. L'apprenant organise lui-même ses objectifs et stratégies d'apprentissage, son temps et sa charge de travail là où les méthodes traditionnelles imposent un programme et un rythme de travail [2].

**Réalité Virtuelle (RV ou VR) :**

- D'un point de vue fonctionnel : la réalité virtuelle permet à l'utilisateur de s'extraire de la réalité physique pour changer virtuellement de temps, de lieu et/ou de type d'interaction. Cette interaction est produite dans un environnement simulant la réalité ou dans un monde imaginaire ou symbolique. Face à sa propre perception de la réalité, l'Homme conceptualise lui-même le temps et l'espace avec lesquels il interagit [3].
- D'un point de vue technique : « *la réalité virtuelle est un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs* » (Arnaldi) [3].

Dans un système de réalité virtuelle, l'utilisateur vit une expérience immersive et interactive faisant appel à 3 de ses sens : la vue, l'ouïe et le toucher. L'interaction correspond à la sensation de mouvement et de geste procurée par la navigation (capacité à bouger et se déplacer dans l'environnement virtuel), la sélection (désignation d'un objet afin d'accomplir une tâche) et la manipulation (possibilité de changer les propriétés du

milieu virtuel) [2]. L'environnement virtuel entoure complètement l'utilisateur (quelle que soit la direction qu'il observe) et le son produit par le système est spatialisé et non bidirectionnel [1].

**Serious games (“jeux sérieux”)** : méthode d'apprentissage en ligne reposant sur le principe de gamification permettant de faire passer un message à travers un univers relatif au monde des jeux vidéo. Ils n'ont pas pour vocation d'être un jeu mais d'amener une approche ludique à l'apprentissage. Pour qu'il soit “sérieux”, l'utilisation et le contenu doivent être éducatifs afin de transmettre un message pédagogique ou informatif. L'apprenant est face à une situation artificielle régie par des règles correspondant aux procédures et connaissances qu'il doit maîtriser [4].

**VD-Learning (Virtual Distance Learning)** : modalité de la formation à distance qui intègre la réalité virtuelle pouvant être expérimentée n'importe où avec une connexion internet. L'apprenant est immergé dans un monde virtuel 3D dans lequel il va effectuer diverses tâches éducatives contribuant à son apprentissage. Le VD-Learning est basé sur une vision anthropocentrée ce qui signifie que l'apprenant est placé au centre de l'environnement virtuel. Cela le différencie des autres modalités de formation à distance [2].

**Visiocasque** : casque immersif, synonyme de casque de réalité virtuelle.

# Introduction

Tout au long de leur carrière, les professionnels de santé doivent mettre à jour leurs connaissances et compétences cliniques afin d'améliorer leurs performances et offrir des soins de qualité aux patients. Rendue obligatoire en 1996 [5], cette formation médicale continue est indispensable pour évaluer les pratiques médicales. Pour cela, les cliniciens participent à des séminaires, des congrès mais également des ateliers de formations. Ceux-ci sont organisés par un ingénieur d'application qui occupe une place importante dans la formation des médecins aux dispositifs médicaux.

Au fil des années différents enjeux liés à cette formation médicale sont apparus. Il existe une réelle volonté des médecins d'apprendre et d'être professionnellement compétents. Cependant, différentes contraintes et notamment organisationnelles semblent compromettre cela. La surcharge de travail limite également le temps de formation des professionnels de santé. Ces contraintes de disponibilité se répercutent sur le travail de l'ingénieur d'application qui a des difficultés à assurer les formations aux dispositifs médicaux.

Les outils pédagogiques numériques semblent mieux adaptés aux problématiques de l'enseignement médical. La réalité virtuelle et plus précisément la réalité virtuelle dans la formation à distance (VD-learning) sont de plus en plus expérimentées à travers le monde [2]. Plus que le E-learning, cette nouvelle forme d'apprentissage en ligne pourrait être le moyen de révolutionner la formation de santé et le métier de l'ingénieur d'application.

De ces constats une série de questions émane : le VD-learning pourrait-il être un outil de l'ingénieur d'application pour les formations aux dispositifs médicaux ? Serait-il un moyen d'améliorer la formation médicale en évitant les contraintes organisationnelles ? Permettrait-il de légitimer l'usage de la réalité virtuelle dans la formation médicale en France ? Les coûts liés à son utilisation sont-ils plus profitables que ceux des méthodes traditionnelles ? Toutes ces questions amènent à se pencher sur la problématique suivante :

**Dans quelles mesures le VD-learning pourrait devenir un outil pertinent de l'ingénieur d'application dans la formation à distance des professionnels de santé aux dispositifs médicaux ?**

Le cœur de ce mémoire vise à comprendre les bénéfices de la réalité virtuelle dans la formation des professionnels de santé aux dispositifs médicaux. Il s'agit également d'évaluer leur contribution dans l'amélioration de leur quotidien mais aussi celui des ingénieurs d'applications tout en ayant un intérêt économique pour les entreprises de matériels médicaux.

Pour cela, la première partie de ce mémoire consistera à établir une revue de littérature afin d'établir un état des lieux des utilisations de la réalité virtuelle dans la formation médicale puis la façon dont elle transforme la formation à distance des cliniciens. Aussi, elle mettra en lumière les différentes problématiques liées à cette formation auxquelles il est important d'y répondre. Enfin, elle abordera les apports de la réalité virtuelle dans la formation des professionnels de santé mais également les défis rencontrés.

La deuxième partie de ce mémoire sera consacrée à l'étude de terrain. D'abord, il s'agira de rassembler les éléments clés que soulève la revue de littérature. Il sera également question d'expliquer l'ensemble de la réflexion autour de laquelle a été construite la problématique. Ensuite, il s'agira de présenter la méthodologie choisie pour mener à bien cette étude auprès des populations cibles ainsi que l'analyse détaillée des entretiens. Enfin, une synthèse des résultats établira un lien entre tous les éléments recueillis au travers de la littérature et de l'analyse.

Dans un troisième temps, l'ensemble du travail mené permettra d'établir des recommandations et des pistes de réflexions qui apporteront des éléments de réponses pertinents à la problématique.

Enfin, une conclusion finale clôturera ce mémoire et une ouverture mettra en lumière de nouvelles perspectives de recherche.

# Partie I - Revue De Littérature

La première partie de ce mémoire s'articule autour de trois axes : l'état de l'art de l'utilisation de la réalité virtuelle (RV) dans la formation médicale, l'intérêt de la RV dans la formation à distance (FAD) des cliniciens et enfin les enjeux de la formation médicale ainsi que les apports et les défis de la RV. Ceux-ci nous permettront de mieux comprendre la place de la RV dans la formation médicale et plus précisément dans la FAD.

## I. Les utilisations de la réalité virtuelle dans la formation médicale

Depuis ces dernières années, le milieu médical a connu des avancées en termes de dispositifs médicaux (DM) mais aussi de nouvelles pratiques et techniques chirurgicales. Cependant, le système de formation a quant à lui pris du retard par rapport au rythme accéléré de l'innovation à tel point que certains professionnels de santé ne sont pas préparés à pratiquer des interventions, mettant ainsi en danger les patients. Face à cette problématique, de nouvelles façon d'enseigner ont vu le jour et notamment l'apprentissage par la RV<sup>1</sup>. Cette technologie est un moyen prometteur de pallier ce problème [6].

### A. L'entraînement par la dissection virtuelle

La méthode traditionnelle d'apprentissage de l'anatomie consiste à étudier un livre de 500 pages avec des images en noir et blanc et une police de caractères de 10. Autrement dit, il est compliqué d'étudier efficacement l'anatomie de cette façon. Par exemple, imaginer la structure du cerveau et ses relations sans jamais n'en avoir vu un, peut rendre difficile la compréhension et donc l'apprentissage. La RV pourrait amener une nouvelle approche d'enseignement et améliorer la formation médicale [7].

À la Case Western University de Cleveland, les étudiants en médecine apprennent l'anatomie humaine sans cadavre mais utilisent des dispositifs de simulation de RV tels que l'HoloLens. Il s'agit d'un nouveau programme mis en place pour les écoles dentaires, de médecine et infirmières pour étudier l'anatomie de manière très réaliste [8].

---

<sup>1</sup> Voir Glossaire

Pour cela HoloLens propose, au travers de l'application HoloHuman, des hologrammes en 3D du corps humain en entier ainsi que ses différents systèmes et organes internes. Les étudiants peuvent alors visualiser l'intérieur des organes sous n'importe quel angle et étudier comment les maladies et blessures affectent les parties du corps [8].

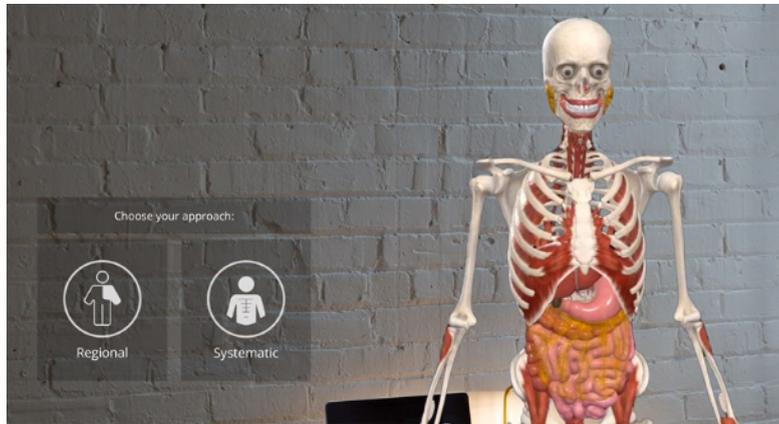


Figure 1 : Application HoloHuman [9]

Pour remplacer la dissection de cadavres, un autre outil existe : la table Anatomage. C'est la première surface de dissection virtuelle au monde pour enseigner l'anatomie plus simplement. Les utilisateurs peuvent disséquer et visualiser l'anatomie exactement comme ils le feraient avec un cadavre. Il s'agit d'un système de modélisation anatomique 3D entièrement segmentable permettant de représenter avec précisions toutes les structures globalement et individuellement. L'intérêt est d'explorer l'anatomie et de comprendre plus facilement les relations entre les éléments que sur un cadavre [10].

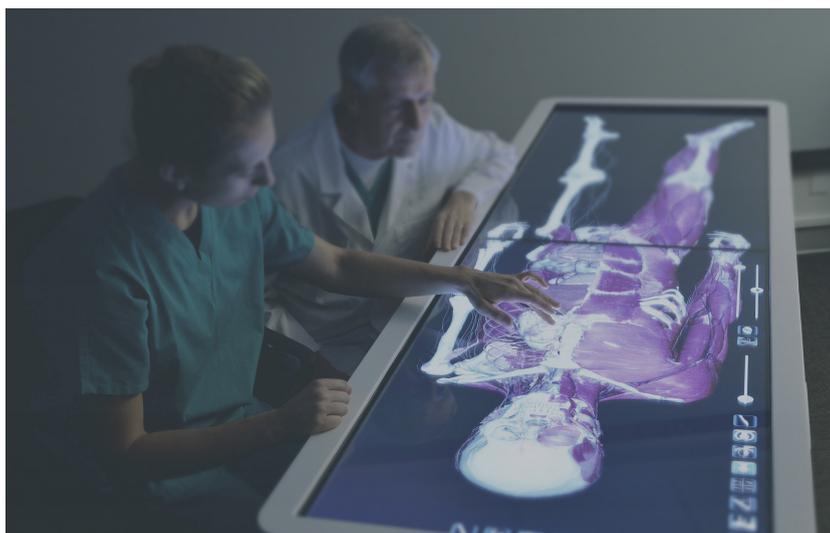


Figure 2 : Table Anatomage [10]

## B. L'enseignement de l'empathie

La communication patient-médecin est une compétence délicate à enseigner car elle requiert la notion d'empathie. En effet, annoncer des nouvelles difficiles comme le décès d'un patient doit se faire de façon appropriée. La RV pourrait alors faire la différence et devenir un nouvel outil d'apprentissage de l'empathie pour les étudiants [7].

Des chercheurs du Medical Cyberworlds et de l'Université du Michigan ont mené des travaux sur l'utilisation de la RV dans la communication patient-docteur. Ils ont utilisé la technologie Mpathic-VR permettant aux utilisateurs de parler avec des humains émotifs virtuels qui peuvent les voir, les entendre et réagir en temps réel. Une panoplie de scénarios simule divers comportements entre deux personnes parlant ensemble afin d'exercer les compétences de communication. Cette méthode tend à s'appliquer aux futurs programmes d'enseignement pour s'entraîner à gérer des conversations difficiles avant de les vivre en vrai [11]. Par exemple, l'Université du Michigan, qui a testé la technologie MPathic-VR, a constaté de meilleures compétences de communication de ses étudiants pour annoncer des nouvelles difficiles [12].

Un autre aspect de l'empathie est celui de se mettre à la place de l'autre car cela est difficile à mettre en œuvre dans la réalité. Dès lors, des entreprises ont développé des programmes de simulation virtuelle de pathologie ou de handicap. Par exemple, le logiciel Viscira imite les symptômes de la schizophrénie et de la dégénérescence maculaire<sup>2</sup>. Pour les professionnels de santé, il ne s'agit plus de voir mais de ressentir les symptômes afin de se projeter dans la peau d'une personne souffrante et de susciter l'empathie [13]. On retrouve également la société Embodied Labs qui a créé Alfred un personnage virtuel de 74 ans que les étudiants peuvent incarner afin de ressentir les troubles de la vieillesse tels que les déficiences audiovisuelles [14].

L'université de Nouvelle-Angleterre a testé cette technique de simulations RV de pathologies liées à l'âge dans leur programme de médecine. Il s'est avéré que les étudiants ayant participé à ce programme comprenaient mieux les personnes âgées et avaient plus d'empathie pour elles [12].

---

<sup>2</sup> Maladie chronique entraînant une perte de la vision

Actuellement, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour démontrer l'efficacité de la RV sur l'apprentissage de l'empathie. Néanmoins certains travaux ont montré un intérêt déjà prometteur. Par exemple, une étude a révélé que les participants ayant vécu une simulation de daltonisme sont plus aptes à aider les personnes daltoniennes. De la même façon, les personnes ayant participé à une simulation de schizophrénie ont fait preuve d'une plus grande empathie [15].

### C. La formation initiale et continue des professionnels de santé

Un principe de base en santé est le suivant : jamais la première fois sur le patient. La formation initiale des étudiants en santé est essentielle pour acquérir des connaissances cliniques solides et des compétences techniques obtenues par l'entraînement. Cependant, il n'est pas toujours possible de pratiquer ou d'assister à des opérations ce qui empêche les étudiants de s'exercer et d'apprendre. Grâce à la RV, les facultés de médecine proposent des systèmes de simulation pour pallier l'accès limité aux opérations et cas cliniques. Les étudiants sont confrontés sans risques, ni pour lui-même ni pour le patient, à des situations d'urgence virtuelles afin d'établir un diagnostic mais aussi d'évaluer leurs prises de décisions et leur rapidité d'exécution [16].

De nombreuses simulations en RV sont développées dans divers domaines tels que la chirurgie, l'anatomie, la neurologie ou encore la cardiologie. Par exemple, depuis 4 ans, 50 000 professionnels de santé du monde entier ont été formés à partir des programmes de SimforHealth. Leader dans la conception de formations virtuelles, leurs solutions permettent d'améliorer la mémorisation des informations et la confiance des apprenants [17]. On retrouve également les plateformes dédiées à la chirurgie VTOPIA Surgical (agence Trois Prime), Osso VR et ImmersiveTouch. Elles permettent de former les apprentis chirurgiens à des cas cliniques concrets en les plongeant dans une salle d'opération pour réaliser des interventions comme une sleeve gastrectomie<sup>3</sup> ou l'exploration des voies chirurgicales mini-invasives<sup>4</sup>. Le détail et le réalisme de l'environnement virtuel permettent aux chirurgiens d'affiner leurs compétences et un meilleur apprentissage qu'avec les méthodes traditionnelles [12] [16].

---

<sup>3</sup> Traitement de l'obésité sévère en retirant une partie de l'estomac

<sup>4</sup> Technique chirurgicale impliquant des incisions de l'ordre du centimètre



Figure 3 : Extrait d'un scénario de RV du laboratoire SimforHealth [17]

Une étude récente portant sur la performance chirurgicale lors d'une fracture du tibia a montré que les chirurgiens formés par la RV avaient une augmentation de 230% de leurs performances globales par rapport à ceux ayant reçu une formation traditionnelle. De plus, l'étude a révélé qu'ils étaient plus rapides et plus précis dans la réalisation des procédures chirurgicales [18].

La formation médicale continue (FMC) est également essentielle dans le parcours des professionnels de santé notamment pour être à la pointe des nouvelles avancées médicales. Les praticiens doivent être capables de mettre en application leurs connaissances dans les situations d'urgence les plus difficiles [7]. Dans ce cadre, la RV impacte positivement la FMC des chirurgiens, médecins, infirmières et autres professionnels de la santé. En effet, ils peuvent s'entraîner virtuellement à mettre en pratique leurs compétences techniques et leurs prises de décisions pour des procédures complexes au sein d'un environnement contrôlé [19].

Par exemple, l'hôpital pour enfants de Miami, the Miami Children's Hospital, utilise la plateforme "Virtual Education Systems" pour former à des procédures telles que l'insertion d'une sonde gastrique nasale, la pose d'une perfusion ou encore le soin des plaies. Les employés s'entraînent avec des patients virtuels interactifs à prendre des décisions critiques en temps réel. Par ailleurs, un nouveau programme de simulation dans le New Jersey permettra aux médecins de participer à un jeu de rôle interactif utilisant la RV pour aider à réduire la surconsommation d'antibiotiques [20] [21]. Enfin, l'hôpital St Bartholomew de Londres utilise également la RV pour toutes sortes de procédures cliniques, ce qui a permis de réduire les blessures, d'accélérer les opérations et d'améliorer le résultat global pour les patients [19].

Que ce soit pour la formation initiale ou la FMC des professionnels de santé, la RV est utilisée dans diverses spécialités médicales et plus particulièrement en chirurgie.

Par exemple, la chirurgie laparoscopique<sup>5</sup> requiert un long apprentissage des chirurgiens pour garantir une opération sûre et efficace. Or, il n'est pas toujours possible de s'entraîner notamment à cause des risques que peuvent encourir les patients. Grâce aux simulateurs et casques de RV<sup>6</sup> tel que LapSim (Surgical Science, Suède) les chirurgiens peuvent réaliser des manœuvres laparoscopiques typiques, enregistrables afin d'analyser leurs performances individuelles. Par ailleurs, il a été démontré que le temps de réalisation des tâches et les compétences chirurgicales s'améliorent après une formation avec ces simulateurs [22].



Figure 4 : Simulateur laparoscopique LapSim [23]

En orthopédie, la RV est également exploitée. Il existe par exemple le simulateur ProCedicus VA pour la formation à l'arthroscopie du genou. Les chirurgiens reçoivent des instructions pour effectuer des tâches sur un genou virtuel et un retour haptique se produit chaque fois qu'un organe est touché. Néanmoins, sur le court terme, ce simulateur n'a pas révélé de différence dans l'apprentissage par rapport aux méthodes traditionnelles. Il existe également le simulateur d'épaule Insight Arthro VR qui utilise une épaule en plastique grandeur nature pour recréer différentes positions. Contrairement au précédent, celui-ci a été considéré comme efficace pour obtenir des compétences chirurgicales [22].

---

<sup>5</sup> Intervention chirurgicale sur la cavité abdominale

<sup>6</sup> Voir glossaire

Par la suite, d'autres simulateurs ont été développés pour les chirurgies ouvertes telles qu'un traumatisme de la hanche, une fracture du fémur ou encore un remplacement total du genou [22]. Dans certains centres, la RV est devenue un outil essentiel pour s'exercer aux pratiques chirurgicales. Par exemple, depuis 2013 en Suisse, tout médecin envisageant de se spécialiser en orthopédie doit passer un examen sur un simulateur de RV, le VirtaMed ArthroS [7].

Concernant les autres chirurgies, il existe le Visible Ear Simulator (VES), un simulateur 3D d'os temporal entièrement fonctionnel avec retour de force pour mesurer la performance de la mastoïdectomie<sup>7</sup>. Pour la chirurgie ophtalmique, EYESI (société VRMagic) est le seul système de formation chirurgicale de RV pour ce domaine. Il permet de réaliser un large panel de procédures chirurgicales ophtalmiques [22].

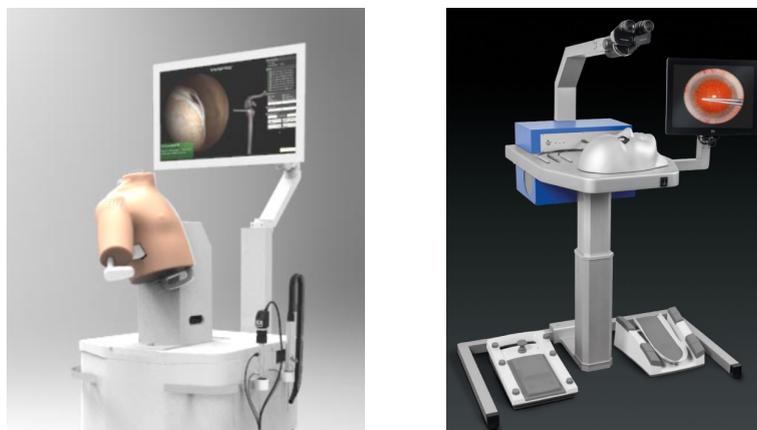


Figure 5 : Simulateurs VirtaMed ArthroS [24] et EYESI [25]

L'ensemble de ces applications de la RV montrent l'importance de la simulation dans la pratique médicale. Au Danemark, la communauté scientifique en est tellement convaincue qu'une nouvelle politique a été introduite. Celle-ci exige que les médecins de toutes les spécialités doivent suivre un programme de formation obligatoire basé sur la simulation avant de passer à la formation sur des patients réels. Cette politique amène à réfléchir quant à l'avenir de la formation médicale et pourrait s'appliquer dans le monde entier [26].

Outre la RV, l'apprentissage en ligne, aussi appelé formation à distance (FAD), est un autre type d'enseignement qui est largement répandu au sein de la communauté médicale. Dans le cadre de la FAD, les recherches s'intéressent de plus en plus à l'intégration de la RV en tant que nouvel outil afin d'améliorer davantage la formation des professionnels de santé. C'est ce qu'on appelle le VD-learning.

---

<sup>7</sup> Procédure d'élimination des bulles d'air dans le crâne

## II. La réalité virtuelle et formation à distance

L'enseignement à distance a été introduit il y a longtemps et accepté dans de nombreuses disciplines telles que les arts, les sciences mais aussi le milieu professionnel. Les technologies de l'information et des télécommunications ont fortement évolué au cours de la dernière décennie. Cette évolution a fait de la formation à distance (FAD)<sup>8</sup> une alternative importante des méthodes traditionnelles et révolutionne aujourd'hui l'enseignement dans le milieu médical [27] [28].

### A. La place de la formation à distance dans la santé

La FAD est considérée comme le moyen le plus approprié pour répondre à la demande croissante de la formation médicale. Elle intervient à différents stades. D'abord au niveau universitaire pour être utilisée en parallèle de la formation traditionnelle des étudiants, voire même pour la remplacer. Ensuite au niveau post-universitaire c'est-à-dire la formation médicale continue (FMC) des professionnels de santé pour maintenir à jour leurs connaissances et compétences. Et enfin, elle intervient dans la spécialisation médicale dans le cadre du développement de nouvelles aptitudes spécialisées (comme l'obtention d'un nouveau diplôme) [27].

L'enseignement à distance non interactif (formats audios et visuels), les cours interactifs (FAD actuelle et toutes ses modalités tels que le E-learning) et les environnements d'apprentissage virtuels (RV) constituent trois façons différentes d'apprendre à distance, chacune ayant des méthodologies et des forces uniques. La méthode non interactive semble être la plus simple et la plus ancienne de FAD dans le domaine de la santé car elle est la moins exigeante en termes de ressources. Si elle est largement appliquée dans la FMC, elle l'est peu dans la formation des étudiants. Les méthodes interactives quant à elles profitent aux formations collectives telles que les associations, les hôpitaux ou encore les universités car, s'adressant à un plus grand nombre de personnes, elles permettent de réduire les coûts par personne [27].

Certains auteurs ont démontré que l'approche traditionnelle de la FMC n'était pas efficace pour modifier les pratiques médicales. Ils affirment la nécessité de la faire évoluer pour qu'elle se concentre davantage sur les médecins. Pour cela, il faut un système d'apprentissage réactif dans lequel chacun dispose d'un programme autodirigé dont il sera responsable [16].

---

<sup>8</sup> Voir glossaire

La FAD qui gagne en popularité apparaît alors comme la solution la plus pertinente pour changer l'enseignement de la FMC [16]. Depuis 1990, les ordinateurs sont de plus en plus présents chez la plupart des médecins et sur leur lieu de travail ce qui a changé leurs comportements en matière de recherche d'informations sur Internet. Grâce à cette généralisation, la FAD est devenue largement plus accessible [28].

Par exemple, une étude de 2002 a montré le changement de pratiques de médecins généralistes après avoir suivi des cours en ligne sur le diabète lors de leur FMC. Les auteurs ont développé un prototype de cours en ligne reflétant les principes de l'apprentissage des adultes mais en les appliquant à l'apprentissage en ligne. Les participants se connectent deux fois par semaine pendant sept semaines pour étudier l'un des sept modules interactifs sur le diabète. En plus des cours, ils participent à deux discussions en ligne dans lesquelles ils interviennent à leur convenance. À la fin de la période de cours, les participants étaient particulièrement positifs face à cette expérience qui répond à leurs attentes d'apprentissage et à leurs contraintes d'emploi du temps. Les médecins généralistes ont déclaré avoir modifié leurs pratiques de dépistage du diabète, de prescription de médicaments et d'organisation pour mieux suivre les patients [29].

## **B. Le VD-Learning dans le domaine de la santé**

Le VD-learning<sup>9</sup> est une composante de la FAD qui intègre la RV. Il se caractérise par un apprentissage à distance réalisé dans un environnement virtuel 3D dans lequel un utilisateur effectue des tâches éducatives. Bien qu'il n'en soit qu'à ses débuts, il présente un potentiel prometteur pour l'enseignement à distance [27].

Les travaux du Docteur Narendra Kini, du Miami Children's Health System, ont révélé que le taux de mémorisation des informations était encore de 80 % un an après une formation par la RV, alors qu'il n'était que de 20% après seulement une semaine avec les méthodes traditionnelles. Cette étude et bien d'autres démontrent que la RV est sur le point de révolutionner la FAD [30].

---

<sup>9</sup> Voir glossaire

## 1. Classes virtuelles

Une étude de 2010 a expérimenté l'efficacité d'une formation sur la prescription médicale réalisée dans le monde virtuel Second Life. Les résultats obtenus dépassent ceux fournis par la formation en ligne traditionnelle ou en face à face : 60% de prescriptions correctes des participants avant la formation virtuelle contre 90% après. Les apprenants s'accordent sur le fait que l'expérience dans le monde virtuel a permis une formation efficace comme illustré sur le graphique ci-dessous. De plus, ils ont indiqué qu'elle s'adaptait à leur emploi du temps et répondait à leurs besoins de FMC [31].

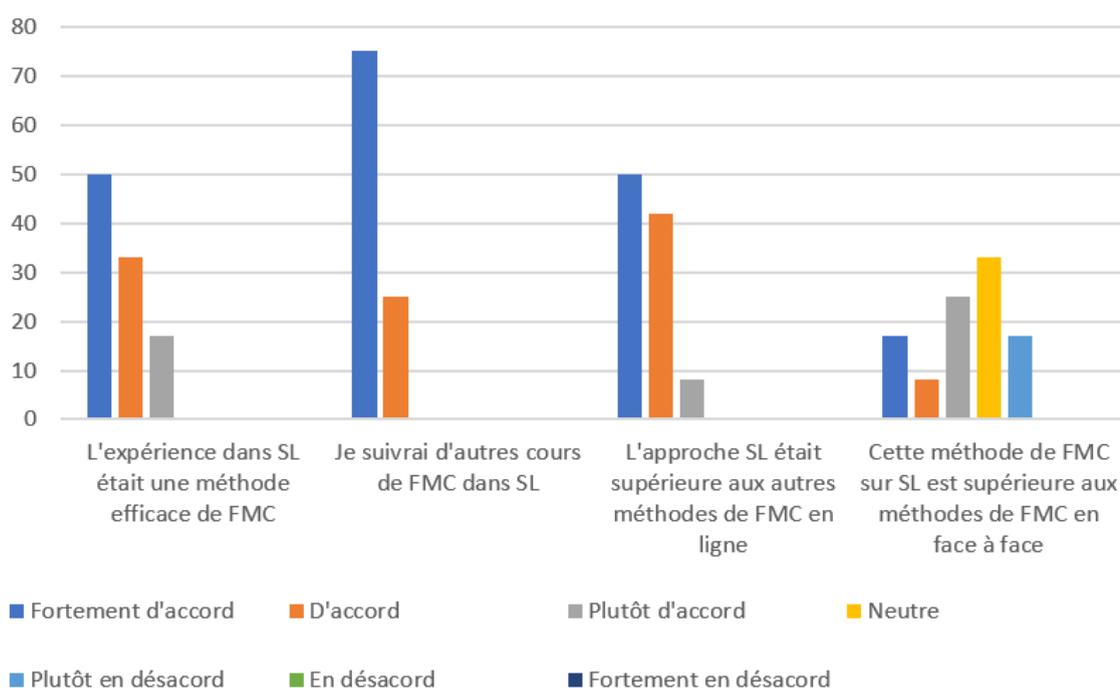


Figure 6 : Évaluation de l'expérience de Second Life (SL) dans la FMC [31]

Par ailleurs, une autre étude de 2008 s'est intéressée à l'utilisation du VD-learning dans la formation des étudiants en médecine. Cette étude compare les résultats sur un cas clinique donné à (1) des étudiants guidés par un tuteur, (2) des groupes à distance pouvant interagir entre eux (3) des groupes utilisant un scénario de simulation de RV sans interaction à distance, et (4) des groupes interagissant à distance avec intégration d'un scénario de simulation RV. Les meilleurs résultats ont été obtenus pour les cas ayant intégré la RV et combinant des interactions à distance. D'après les auteurs, le VD-learning aide à soutenir l'apprentissage mais ils suggèrent d'approfondir ces recherches [32].

Cela a encouragé les universités de médecine à intégrer le VD-learning dans leurs programmes pédagogiques. Par exemple, l'institution International Virtual Medical School (IVIMEDS) a mis en place un enseignement complet de VD-learning incluant des cours

sous formes de vidéos, textes et diagrammes animés. La RV est intégrée par le biais de cabinets et patients virtuels attractifs, interactifs et adaptables à différentes situations pédagogiques. Grâce à un système d'auto-évaluation, les étudiants évaluent leurs propres performances et planifient leurs propres programmes d'apprentissage. De plus, ils peuvent interagir avec des experts pour un apprentissage collaboratif [28]. C'est également le cas pour les étudiants du Cleveland Clinic Lerner College of Medicine qui apprendront l'anatomie grâce à un programme collaboratif en RV. De cette façon, ils participeront à des cas cliniques pratiques avec leurs pairs du monde entier [8].

En dehors du cadre universitaire, il existe des sociétés telles que Engage Classroom ou OMS (Oxford Medical Simulation) qui proposent des formations de VD-learning. Les apprenants peuvent accéder à des scénarios de simulation en ligne de n'importe où dans le monde. De cette façon, les étudiants et les médecins peuvent apprendre à n'importe quel stade de leur cursus ou carrière. Quant aux professeurs, cela leur permet d'organiser des cours à distance dans un environnement multi-utilisateurs (à l'échelle mondiale). Ils peuvent animer les séances avec des éléments virtuels comme un corps humain ou même réaliser une autopsie virtuelle en direct [33] [34].

## **2. Autres formes du VD-learning**

Outre les classes virtuelles, on retrouve de nouvelles applications du VD-learning dans la santé qui semblent révolutionner la formation des professionnels de santé.

Tout d'abord, on retrouve les serious games<sup>10</sup> qui transforment le format classique de la formation en ligne en un format plus ludique. L'objectif est de capter l'attention de l'apprenant et de l'engager activement dans son apprentissage. La RV confère une dimension supplémentaire d'immersion et d'interaction. Utilisée au départ pour la maîtrise des langues étrangères ou encore des procédures techniques en industrie, l'application des serious games 3D s'étend à la formation médicale. Par exemple, la société Octarina développe des serious games 3D médicaux. D'abord élaborés pour le grand public pour apprendre les gestes de secours, aujourd'hui les scénarios sont aussi destinés aux professionnels de santé. Il s'agit de simulations de situations d'hospitalisation présentant un patient avec lequel le praticien peut discuter. Selon les informations obtenues, il utilisera les machines médicales nécessaires à la réalisation des soins [35]. Divers projets sont encore en cours pour généraliser l'usage de la RV dans les serious games.

---

<sup>10</sup> Voir glossaire

Une deuxième application inédite du VD-learning est la diffusion en temps réel d'opérations chirurgicales. C'est au docteur londonien Shafi Ahmed que l'on doit cet exploit qui fût une première dans le milieu médical. En 2014, grâce au Google Glass (lunettes connectées de réalité augmentée), il retransmet en direct une ablation d'une tumeur à l'estomac et au foie d'une patiente de 78 ans. Plus de 13 000 professionnels de santé et étudiants en médecine de plus de 100 pays ont visionné cette vidéo et ont suivi l'opération comme s'ils y étaient. L'immersion était telle que les spectateurs pouvaient même poser des questions directement au docteur. Cette nouvelle façon de diffuser plus largement l'information médicale permet de remédier aux inégalités mondiales en matière d'accès à la formation chirurgicale [36].

En 2016, il réalise une deuxième opération en direct accessible à tous en ligne et en temps réel mais cette fois-ci par le biais de la RV. Grâce à la vision 360°, les spectateurs peuvent se positionner n'importe où et suivre l'opération sous tous les angles par le biais d'un smartphone ou d'un casque de RV. Cette nouvelle approche permet aux chirurgiens en formation et aux étudiants en médecine de se former à distance dans le monde entier et de répondre à la problématique d'accès au bloc opératoire [36].

Cette approche est une révolution dans l'enseignement médical. L'idée est de créer le chirurgien virtuel capable de prendre un scalpel, de faire une coupe et de faire une opération virtuelle avant de la faire en réalité. En s'immergeant dans un bloc virtuel, l'intérêt est de s'habituer à travailler avec une équipe, gérer les bruits et les autres éléments pouvant perturber lors d'une première opération [36]. Ce nouveau moyen de FAD par la RV tend à se généraliser. L'université médicale pour femmes de Tokyo (Tokyo Women's Medical University) a adopté cette façon d'enseigner la chirurgie. Initiée au moment du confinement dû à la crise sanitaire mondiale pour assurer la continuité de la formation aux étudiants, elle est aujourd'hui envisagée de manière durable [37].

Enfin, une troisième application se prêtant au VD-learning sont les séminaires et congrès. Lors de ces événements, les professionnels de santé du monde entier viennent en masse pour découvrir les nouvelles avancées technologiques, recommandations et pratiques médicales. Les séminaires et congrès utilisent RV pour améliorer le contenu des présentations et remplacer les PowerPoint moins attractifs. Le Dr Brennan Spiegel, défenseur de la RV en médecine, a donné une conférence entière en RV lors de la conférence annuelle sur la médecine virtuelle. Cette technologie améliore le contenu et la visualisation des idées en permettant par exemple de montrer du doigt une zone spécifique du corps humain plutôt que de simplement la décrire [30]. Par ailleurs, aucun

déplacement des professionnels de santé n'est nécessaire. En plus, le sentiment de présence procuré par un avatar et la simulation de cas concrets permettent un meilleur engagement des participants lors des séminaires en ligne [31].

L'ensemble de ces applications montrent que l'intégration de la RV dans la FAD semble ouvrir le champ des possibilités en matière d'éducation médicale. Avec le VD-learning, des formations peuvent être suivies de n'importe où tout en favorisant l'échange et la collaboration entre les professionnels de santé du monde entier.

### **III. Les avantages et limites de la réalité virtuelle**

Au travers des recherches précédentes, nous avons pu constater une émergence de la RV dans la formation médicale et plus précisément dans la FAD (VD-learning). Au vue de cette évolution, il devient pertinent de s'interroger sur les avantages et limites de cette technologie. Aussi, il semble opportun de se questionner sur les enjeux de la formation médicale afin de mieux comprendre les apports de la RV dans ce milieu.

#### **A. Les problématiques de la formation médicale**

Les progrès des dispositifs médicaux (DM) et des techniques médicales sont prometteurs pour sauver et améliorer des vies. Mais le système actuel de formation et d'évaluation des acteurs de la santé a quant à lui du retard. L'enseignement médical universitaire ou post-universitaire rencontre certaines difficultés pour parvenir à former les professionnels de santé. Manque de ressources humaines et matérielles, méthodes pédagogiques dépassées ou encore contraintes organisationnelles font que le système d'enseignement doit être repensé pour satisfaire les exigences de formations et de qualité de soins.

Le premier constat dans la formation médicale est la difficulté d'accéder aux formations mais aussi de pratiquer et s'entraîner pour se préparer à la réalité du terrain. Le secteur de la chirurgie est particulièrement touché. Le constat est clair : certains médecins ne sont pas suffisamment préparés à pratiquer des opérations complexes, ce qui est dangereux pour les patients. Bien que le problème du manque de compétences prenne de nombreuses formes, il existe une disparité dans la préparation des chirurgiens durant leurs résidences. Plusieurs questions se posent : Est-ce une compétence innée pour certains résidents ? Des écarts de formations existent-ils entre les résidents ? Sont-ils liés à des expériences cliniques différentes ou à un niveau d'anatomie différent ?

En effet, un chirurgien peut avoir effectué de multiples opérations de la hanche durant sa formation tandis qu'un autre peut ne l'avoir fait qu'une fois voire jamais. Par conséquent, il s'agirait de trouver un type de formation adapté pour dispenser un enseignement standardisé afin de remédier à ces lacunes et améliorer les compétences médicales [6]. Ce constat est également rencontré dans le secteur des urgences. Les défis quotidiens des résidents en médecine d'urgence sont d'avoir un niveau suffisant de connaissances, de se tenir au courant de la littérature médicale et d'avoir assez de temps pour la vie personnelle. Le développement d'approches éducatives améliorées pour traiter ces difficultés est nécessaire [38].

Le second constat concerne l'évaluation précise et objective des résidents dans les programmes médicaux. Traditionnellement, ces programmes ne fournissent pas d'évaluations standardisées avec des repères quantitatifs ou des "scores" pour déterminer les compétences et l'atteinte des objectifs. L'évaluation des performances des résidents relève du préjugé et n'est pas réellement objective. Par exemple, définir un "bon chirurgien" est difficile puisqu'il faut savoir distinguer son comportement éthique auprès des patients de sa capacité technique et de sa maîtrise chirurgicale. Par conséquent, il semble pertinent de trouver une méthode permettant une évaluation objective de la capacité à travailler efficacement avant d'entrer dans la pratique indépendante [6]

Ces lacunes en matière de formation et d'évaluation augmentent les risques pour le patient et les conséquences pour les résidents. Par exemple, pour la chirurgie les indicateurs suivants sont révélateurs des enjeux de la formation :

- Une étude récente de l'Université du Michigan a révélé que 30 % des chirurgiens ne pouvaient pas opérer de manière indépendante après leur résidence [39].
- On estime que 7 millions de patients dans le monde sont victimes de complications chirurgicales chaque année [40].
- Selon une étude publiée dans le New England Journal of Medicine, les chirurgiens bariatriques<sup>11</sup> peu qualifiés présentaient des taux de mortalité cinq fois plus élevés que leurs homologues hautement qualifiés (voir graphique ci-dessous) [41].

---

<sup>11</sup> Chirurgie de l'estomac et de l'intestin dans le but de perdre du poids

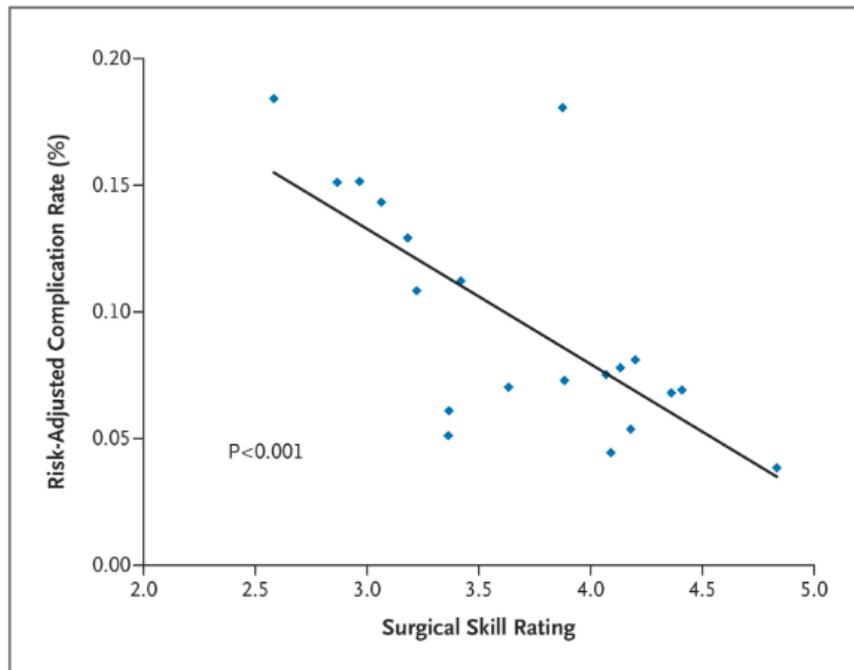


Figure 7 : Risques de complications chirurgicales selon le niveau de compétence [41]

La nécessité d'un nouvel outil éducatif semble indispensable pour accéder à une formation chirurgicale plus expérimentielle, améliorer les compétences et offrir des soins de qualité aux patients.

Un autre constat concerne la FMC des professionnels de santé qui ne peuvent pas toujours mettre en pratique les compétences qu'ils apprennent. Traditionnellement, pour se former à un nouveau DM, les médecins participent à des séminaires, congrès ou des ateliers de formation d'un ou deux jours organisés par le fabricant du DM. Cette formation est généralement ponctuelle et par conséquent n'offre pas forcément la possibilité aux apprenants de continuer à renforcer leurs compétences. Il n'est pas rare de voir s'écouler quatre à six mois entre le moment où les médecins se forment à une procédure et celui où ils la pratiquent sur un patient. Ils n'ont alors plus le choix que de rafraîchir rapidement leurs connaissances en utilisant des informations superficielles juste avant de pratiquer [6].

Enfin le dernier constat est l'existence de contraintes organisationnelles. Pour les médecins, être professionnellement compétent est important. Il s'agit pour eux de l'aspect le plus gratifiant du métier. La stimulation intellectuelle et le développement continu de compétences tout au long de la carrière augmentent la satisfaction professionnelle [42].

Une étude sur 300 praticiens répartis dans toute la France a révélé que 42 % ont déclaré se former plus de 10 jours par an, 41 % entre 6 et 10 jours par an, et 17 % moins de 5 jours [43]. Il y a donc une volonté des médecins à se former mais cela semble être compromis par la surcharge de travail administrative :  $\frac{1}{3}$  des médecins passent environ entre 5 et 9h chaque semaine à des activités non cliniques (administration, participation à des organisations professionnelles, revues de littératures, recherche, enseignement) et la moitié passent en moyenne 17 minutes ou plus avec chaque patient [44]. Le graphique ci-dessous présente les contraintes impactant le plus la formation [43].

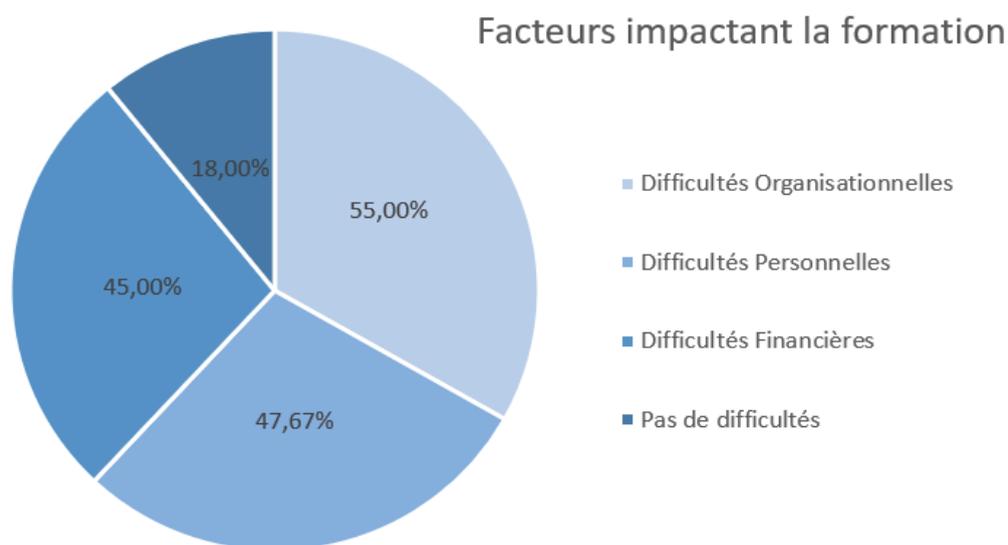


Figure 8 : Répartition des facteurs impactant la formation [43]

Or plusieurs études montrent que l'autonomie professionnelle, c'est-à-dire la liberté dans l'organisation de l'emploi du temps, impacte la satisfaction professionnelle. Cela étant compromis par les contraintes organisationnelles, 98 % des soignants reconnaissent avoir déjà ressenti les symptômes de l'épuisement professionnel [45] et 56% des médecins en formation pensent avoir été un danger pour leurs patients [46].

D'après les médecins, la méthode de formation initialement privilégiée était le congrès tandis que les ateliers interactifs étaient quant à eux très souhaités dans les perspectives d'avenir. Aujourd'hui, la formation qui tend à émerger comme nouvelle recommandation est de type E-learning. Ce nouvel axe de développement pourrait laisser aux praticiens davantage de souplesse dans l'organisation de leur emploi du temps et de leurs formations [43].

Il y a aussi une tendance à remplacer l'apprentissage par cœur par un enseignement plus pertinent sur le plan clinique et plus pratique. L'apprentissage fondé sur les problèmes, les techniques de communication et sur la simulation ont tous fait progressivement leur entrée dans les programmes d'études. Étant donné la volonté croissante d'apprendre par l'expérience, la simulation a pris de l'ampleur en tant que nouvelle méthode de formation médicale [47].

## **B. Les bénéfices de la réalité virtuelle**

### **1. Dans la formation**

La RV est un moyen d'accélérer l'apprentissage des apprenants. Elle permet d'acquérir des connaissances théoriques en visualisant les concepts en 3D et de les mettre en application. De cette façon, elle comble le fossé qui existe entre théorie et pratique. Les apprenants sont face à une situation problématique dans laquelle ils doivent mettre en pratique leurs connaissances et prendre des décisions pour solutionner ce problème. Par ailleurs, la RV permet de simuler une série de sujets complexes difficiles à comprendre dans la vie réelle. De plus, le monde virtuel permet aux apprenants de collaborer, d'échanger et d'apprendre les uns des autres ce qui augmente leur engagement et enrichit l'apprentissage. C'est en intégrant différents styles d'apprentissage visuels, auditifs, pratiques et collaboratifs que la RV accélère la mémorisation [48].

Dans le domaine de la médecine, elle est utilisée d'une part pour des formations aux compétences non techniques comme l'empathie et d'autre part pour des formations aux compétences techniques de gestes médicaux. D'un point de vue théorique, elle permet aux futurs cliniciens de comprendre les principes physiologiques importants ou d'anatomie grâce à la visualisation 3D du corps humain. D'un point de vue pratique, les apprenants peuvent s'entraîner à réaliser des opérations, diverses procédures chirurgicales ou examens comme un électrocardiogramme sur des patients virtuels. Elle offre une formation clinique rentable, reproductible et standardisée à la demande [2].

Un autre avantage de la RV est de fournir un apprentissage sûr dans un environnement contrôlé autrement dit de simuler un environnement virtuel plus adapté que dans la réalité. Elle répond ainsi à des besoins de formations spécifiques grâce à des scénarios d'apprentissage impossibles à mettre en place dans le monde réel ou de situations rares. Les apprenants peuvent vivre des situations embarrassantes ou imprévisibles pour gérer leur stress et prendre les bonnes décisions face aux difficultés

tout en étant en sécurité. Par ailleurs, la RV offre la possibilité de paramétrer l'environnement pour répondre à des conditions spécifiques en proposant une panoplie de fonctionnalités. L'apprenant peut contrôler le niveau de complexité d'une situation, décomposer la formation pour mieux l'appréhender, modifier la modalité temporelle des tâches, visualiser des phénomènes invisibles à l'œil nu ou encore des informations indisponibles dans le monde réel [2].

En s'entraînant dans un environnement sûr, les apprenants peuvent répéter la formation autant de fois que souhaité et faire des erreurs sans compromettre leur sécurité. Cela confère un avantage considérable dans le processus d'apprentissage puisque les erreurs sont formatrices. La RV laisse la possibilité aux apprenants d'essayer différentes approches et de comprendre par eux-même leurs erreurs pour en déduire ce qui fonctionne le mieux [48].

En santé, elle permet aux cliniciens de s'exercer à des procédures techniques délicates sans causer de risque pour le patient. Par exemple, une opération laparoscopique sûre et efficace nécessite un long apprentissage des chirurgiens. Cependant, l'intervention étant risquée pour les patients, les étudiants ne peuvent pas la pratiquer en salle d'opération. Dans ce cadre, la RV permet de pratiquer dans un environnement contrôlé et sécurisé sans risque pour personne. De plus, grâce à la simulation 3D, les étudiants peuvent mieux comprendre les structures corporelles complexes, manipuler des instruments chirurgicaux, appréhender le processus opératoire et développer leurs compétences [22].

De plus, la RV intègre des méthodes d'évaluation des connaissances et des acquis. En chirurgie par exemple, cela évite la subjectivité humaine en évaluant objectivement les compétences chirurgicales et les points à améliorer [6]. Les performances peuvent être enregistrées, comparées et analysées. L'évaluation des compétences est définie par des paramètres standards comme le temps nécessaire à l'accomplissement de la tâche, le nombre de blessures ou encore le nombre de repères anatomiques identifiés. En tant qu'outil à venir dans les programmes de formation en chirurgie, la RV fournit une évaluation automatisée grâce à des mesures objectives. Elle est une alternative très prometteuse aux notations laborieuses et subjectives habituellement effectuées par des experts pendant les procédures en direct ou enregistrées sur vidéo. Par ailleurs, la supervision par un tuteur et la participation du patient ne sont plus nécessaires pendant la formation et l'acquisition des compétences. L'environnement virtuel contrôlé est suffisant pour satisfaire ces exigences en dehors de la salle d'opération [22].

Ensuite, la simulation par la RV réduit le coût de la formation et nécessite moins de ressources. Dans le domaine de l'enseignement médical, les coûts sont souvent difficiles à évaluer et sous-estimés. Les études qui tentent de définir le coût d'une simulation physique médicale totalement immersive indiquent que le coût pour un apprenant est supérieur à 232,16 €. Par exemple, pour un cours de 4 jours par la société Advanced Life Support (organisation de simulation physique) le coût est de 1323,30 € par participant. Les coûts de la simulation virtuelle comprennent souvent le matériel et les logiciels. Le matériel de RV haut de gamme coûte environ 3482,38 € pour une installation (ordinateur portable et casque). Le coût du logiciel dépend du fournisseur et de la qualité du produit, mais il est souvent inférieur à un dixième du coût de la simulation physique, quel que soit le fournisseur. Ainsi, la RV permet de réaliser des économies sur les coûts d'installation et de fonctionnement [47].

Outre les économies financières, la RV libère de l'espace et du temps pour les enseignants qui n'ont pas nécessairement besoin d'une formation pour pouvoir utiliser les équipements de RV. Les matériels sont disponibles dans le commerce donc simples à installer et les logiciels sont intuitifs donc le temps de prise en main est rapide. Pour les apprenants, la RV facilite l'accès aux expériences cliniques. Ils peuvent se rendre là où se trouve le système de RV et prendre part à la simulation quand ils le souhaitent. Cette flexibilité permet l'intégration de la simulation dans la pratique quotidienne de l'apprentissage. L'intérêt de la RV est de pouvoir fournir le scénario clinique dans un petit espace avec moins de 5 minutes d'installation. De plus, les équipements peuvent être réutilisés pour d'autres formations sans être dépendants d'un temps de formation [47].

Enfin, comparées aux méthodes traditionnelles et à l'apprentissage en ligne, les simulations de RV sont plus réalistes. L'immersion, l'interaction et l'imagination motivent les apprenants et contribuent à leur sentiment de satisfaction. La RV permet d'apprendre plus rapidement que les tutoriels vidéo, en engageant activement les apprenants dans le processus d'apprentissage. Par exemple, la simulation 3D de structures anatomiques très intuitives permet aux étudiants de médecine d'interagir avec tous les éléments comme la peau, les muscles, les os, les nerfs et les vaisseaux sanguins. Les changements qui se produisent après chaque étape chirurgicale sont très similaires à ceux de la réalité, ce qui accroît le sentiment d'engagement des apprenants [2] [22].

Malgré un nombre limité de recherches sur l'efficacité de la RV, des études ont démontré son potentiel. Par exemple, une récente étude de 2020 a révélé une amélioration de 230% des performances chirurgicales globales des participants ayant reçu une formation en RV par rapport aux méthodes traditionnelles (voir graphique ci-dessous). Ils ont également réalisé 38% d'étapes supplémentaires décrites dans la liste de contrôle spécifique à la procédure [18]

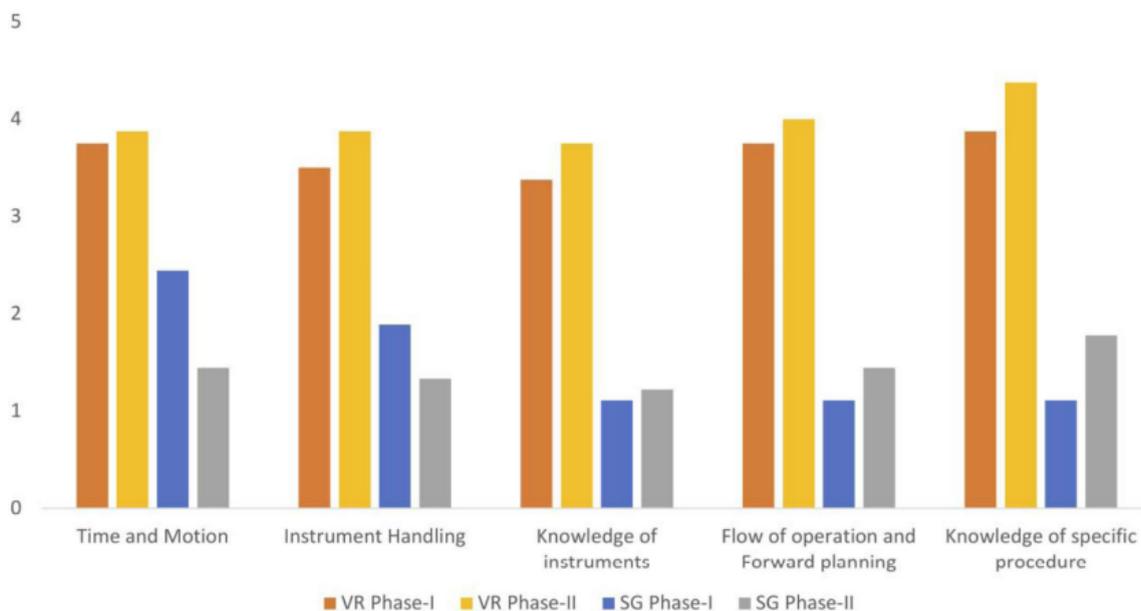


Figure 9 : Évaluation des compétences chirurgicales [18]

Une autre étude souligne que les étudiants ayant reçu une formation conventionnelle effectuent les opérations chirurgicales beaucoup plus lentement et sont plus susceptibles de se blesser ou d'endommager les tissus que ceux ayant eu recours à la RV [22]. Enfin, une dernière étude sur les soins de santé confirme l'intérêt de cette technologie. Elle révèle que les étudiants en médecine démontrent un niveau significativement plus élevé de connaissances lorsqu'ils apprennent dans un environnement immersif plutôt que sur écran. La RV est à présent utilisée dans un grand nombre de programmes chirurgicaux avec d'excellents résultats. Par exemple, pour former les cliniciens à des procédures complexes telles que l'extraction d'une sonde transveineuse<sup>12</sup> ou à la réanimation cardio-pulmonaire<sup>13</sup> [47].

<sup>12</sup> À travers une veine

<sup>13</sup> Manœuvres destinées à assurer une oxygénation des organes

De par ses nombreux avantages, la RV répond aux différentes problématiques de la formation médicale : l'accès à la formation, la mise en pratique des connaissances et l'évaluation objective des compétences. Cependant, la RV nécessite généralement d'être présent physiquement là où se trouve le matériel de simulation. Cela ne répond possiblement pas aux contraintes organisationnelles pour lesquelles l'apprentissage en ligne semble plus adapté. Dès lors, la question se pose : la RV intégrée dans la FAD (VD-learning) pourrait-elle satisfaire tous les enjeux de la formation médicale ?

## **2. Dans la formation à distance (VD-learning)**

La FAD a pris de l'essor depuis une quinzaine d'années aussi bien dans les pays en voie de développement que dans les pays riches. De nouveaux concepts et pratiques deviennent possibles notamment le projet de FAD des adultes. Dans le milieu de la santé, il s'agit de la FMC des professionnels de santé [2].

De nombreuses similitudes existent entre la FAD et la RV. Tout d'abord, la FAD offre également la possibilité de mettre en pratique les compétences qui sont difficiles à mettre en place dans le cadre d'une formation médicale universitaire ou continue traditionnelle. Les apprenants et les enseignants peuvent accéder à une variété de programmes et de cours. Que ce soit en physiologie, en neurosciences ou en chirurgie, les apprenants peuvent trouver les apprentissages dont ils ont besoin. Ils ont également la possibilité de sélectionner, configurer, personnaliser et utiliser les ressources de la manière la plus adaptée à leurs attentes individuelles [48].

De plus, l'accès aux ressources se fait quand le médecin ou l'étudiant en a besoin, ce qui facilite l'apprentissage sur le lieu de travail. Par ailleurs, la FAD fournit aux apprenants des résultats et un retour d'informations par le biais de quizz ou d'expériences interactives évaluées directement. Cela permet de recenser instantanément ses points forts et ceux à améliorer alors qu'un retour par un expert peut prendre plusieurs semaines. Finalement, comme la RV, la FAD propose un apprentissage personnalisé et adapté aux besoins [28] [48].

Ensuite, les programmes en ligne de FAD peuvent être une solution moins coûteuse et plus abordable que les méthodes traditionnelles. Bien que tous les diplômes en ligne n'aient pas de frais de scolarité moins élevés que les collèges ou universités traditionnels, les coûts associés sont presque toujours moins élevés si l'on tient compte des déplacements et du logement des enseignants et des étudiants. Il est vrai que les

logements universitaires peuvent être très coûteux alors que cette dépense peut être évitée grâce à la FAD. Les étudiants peuvent économiser sur les frais de déplacement, de déménagement mais aussi sur le temps de trajet [48]. L'enseignement à distance peut réduire de manière significative le coût de la scolarité à tous les niveaux [27].

Enfin, à l'instar de la RV, la FAD permet plus de commodité et de flexibilité dans la formation. Les ressources étant disponibles tout le temps en ligne via une plateforme sécurisée, les apprenants sont libres du choix du moment et du rythme d'apprentissage. Les étudiants peuvent étudier et travailler quand ils sont au maximum de leur énergie, que ce soit tôt le matin ou tard le soir [2].

La particularité de la FAD est la diffusion en masse de la formation. Ni les apprenants, ni les enseignants n'ont besoin de se déplacer ce qui permet des économies de temps d'organisation de travail et de ressources. Elle offre ainsi l'occasion à tous de pouvoir suivre la formation malgré des villes et pays différents ou toutes contraintes particulières. Par ailleurs, elle permet aux exclus du système éducatif de reprendre un cursus de formation [2]. Cette diffusion en masse de la FAD permet d'impliquer les experts du monde entier et un accès aux meilleurs enseignants de chaque pays. En supprimant les limites géographiques, les informations sur des sujets très spécifiques peuvent être traitées par des experts et être largement voire universellement partagées [48].

Finalement la question suivante se pose : quels sont les apports de la RV dans la FAD (VD-learning) ?

L'apprentissage social et collaboratif est fondamental dans le développement humain. Savoir interagir est un élément important de la réussite et le manque de contact avec d'autres personnes peut nuire au développement intellectuel. C'est pourquoi lorsqu'on est isolé et qu'on travaille pendant des heures on peut perdre la mémoire, la vitesse de réflexion ainsi que ses capacités cognitives [49]. C'est l'un des désavantages de l'apprentissage en ligne traditionnel. Malgré les forums de discussion où l'on peut rencontrer et échanger avec d'autres apprenants, il manque toujours l'interaction en face à face [48]. En effet, il est plus difficile de créer une relation de confiance à travers un dispositif de FAD. La relation étant virtuelle, les interactions sont moins régulières par rapport à une formation en présentiel. De plus, l'éloignement géographique et la virtualisation des relations sont des sources potentielles d'isolement qui peuvent conduire à une solitude mal vécue par les apprenants [2].

La RV contribue à changer cela. Elle est un moyen de combler le fossé entre les formateurs et les apprenants dans un contexte de FAD. Les mondes virtuels ajoutent une dimension supplémentaire dans laquelle les apprenants et formateurs sont représentés sous forme d'avatars. Cette présence virtuelle favorise l'apprentissage collaboratif et l'entraide entre les apprenants [2]. En effet, le VD-learning favorise la tolérance et la diversité en permettant à des personnes du monde entier de se rencontrer dans un même espace virtuel. Les étudiants apprendront à travailler avec tout type de personnes dans une série d'activités de groupe ce qui permet d'obtenir des réflexions différentes. La collaboration permet également une participation active des étudiants car chaque membre a la possibilité de contribuer à l'atteinte des objectifs. Aussi, les échanges entre apprenants leur permettent de recevoir des retours personnels sur leurs idées et réponses [27] [48].

La RV augmente les compétences de visualisation spatiale 3D des apprenants, à la fois pour les cours en ligne et en face à face, en donnant vie à des sujets complexes. De plus, l'immersion et l'interaction permettent d'améliorer l'expérience de FAD en produisant chez les apprenants un sentiment de présence comme dans une salle réelle. Les apprenants sont alors pleinement impliqués dans leur processus d'apprentissage au lieu d'être simplement des observateurs [2].

De plus, la personnalisation des avatars et la communication engageante ont un impact positif sur la motivation de l'apprenant. En effet, il s'agit de mettre à disposition du matériel pédagogique mais également un dispositif de communication entre les membres d'une communauté d'apprentissage [2].

Dans l'ensemble, il y a une certaine excitation qui vient du simple fait d'être là : tous ensemble, dans le monde virtuel. Cela va se traduire par le fait que les médecins participants sont plus ouverts, impliqués et présents dans la formation. L'anonymat de l'avatar a un effet de protection de l'identité et donne l'impression d'un apprentissage informel, ce qui favorise le partage. Les participants et les experts vont alors échanger des stratégies et des idées plus facilement et de manière plus fluide. Par ailleurs, la collaboration et l'entraide peuvent générer des liens plus étroits entre les participants qui pourraient s'étendre en dehors du cadre de la formation [31].

Finalement le VD-learning semble être une solution plus que prometteuse dans la formation médicale des professionnelles de santé. Elle offre les avantages principaux de la FAD à savoir la flexibilité et la liberté du moment de formation tout en évitant l'inconvénient majeur du manque d'interaction pouvant nuire à l'apprentissage. Néanmoins, qu'elle soit un outil de formation présentielle ou de FAD, la RV présente des limites qu'il faut prendre en compte avant de pouvoir l'intégrer dans un processus d'apprentissage.

### C. Les limites et défis de la réalité virtuelle

Malgré ses multiples avantages, la RV n'est pas une solution miracle pour la formation. Il s'agit plutôt d'un outil utilisé pour atteindre un ensemble de résultats d'apprentissage. Il doit être déployé en tant que tel et être intégré dans un programme pédagogique pour garantir une utilisation efficace [47]. La simulation ne remplace pas la pratique mais complète l'apprentissage pratique traditionnel car elle englobe tous les types d'apprentissages : auditifs, visuels et kinesthésiques<sup>14</sup> [8]. Les institutions s'accordent sur le fait que la RV ne doit pas remplacer l'éducateur expert. Elle n'est qu'une technologie permettant d'offrir une technique de formation qui est la simulation.

Les éducateurs doivent donc déterminer les objectifs d'apprentissage pour choisir la méthode d'enseignement la plus appropriée car certains objectifs sont mieux enseignés par la simulation physique, d'autres par la RV. Par exemple, en médecine elle n'est pas le meilleur moyen d'enseigner la palpation abdominale. Dans ce cas, il n'y a pas besoin d'une immersion complexe mais juste d'une représentation physique précise d'un abdomen. Il en va de même pour la formation à une tâche partielle comme la canulation<sup>15</sup> ou de nombreuses autres compétences procédurales [47].

Tout scénario de RV doit être objectif et standardisé pour garantir une qualité constante de la formation mais aussi le respect des protocoles et la bonne application des connaissances par les apprenants. C'est essentiel pour que les établissements de santé puissent intégrer la RV dans leurs protocoles médicaux et s'assurer que les cliniciens s'entraînent de la bonne manière avant de traiter les patients [47]. Par exemple, un simulateur RV idéal pour les compétences chirurgicales doit remplir plusieurs conditions : des plans de formation multimodaux, un retour haptique précis, des technologies visuelles et audio immersives ainsi qu'un logiciel approprié avec une simulation en temps réel et

---

<sup>14</sup> Perception de la sensation de mouvement

<sup>15</sup> Biopsie réalisée avec un cathéter afin d'obtenir un échantillon de tissu

des critères d'évaluation [22]. Par ailleurs, la technologie rencontre quelques difficultés notamment au niveau de la fidélité haptique qui est réduite par rapport à la simulation sur mannequin. Bien qu'elle permette d'effectuer des actions critiques à l'aide d'un contrôle manuel, la sensation tactile associée est limitée. Par exemple, pour certaines interventions physiques comme la pose d'un cathéter intraveineux ou la compression thoracique, le retour haptique ne reproduit pas fidèlement la sensation du touché [50].

Dans le cadre d'une FAD au sein d'un environnement virtuel, les enseignants doivent être compétents et imperturbables. En effet, ils doivent être bien informés, avoir confiance en leur expertise, ne pas se laisser perturber par les problèmes techniques mais aussi être de bonne humeur, en phase avec les étudiants et capables de répondre aux questions tout en respectant le contenu et le timing. De la même façon, la communication entre apprenants, qui offre l'opportunité d'une plus grande interactivité, peut aussi être une source de distraction. Les organisateurs doivent préparer les participants et établir des règles pour que les discussions restent à un niveau professionnel [31].

Outre les obstacles éducatifs, toutes nouvelles technologies présentent des difficultés dans sa mise en œuvre et son acceptabilité. Il arrive quelquefois que les apprenants rencontrent des soucis à les utiliser du fait de leur modernité. Dans ce cas, un temps de vulgarisation, de prise en main et d'adaptation permet de se familiariser avec la technologie. Ces difficultés peuvent aussi être liées au fait que l'outil ou la ressource ne sont pas adaptés au profil des apprenants [2]. Par exemple, il peut être plus complexe pour les enseignants de faire participer à la RV les membres les plus âgés car ils peuvent la considérer comme un jeu plutôt que comme un outil éducatif [47]. L'arrivée de la RV comme outil de formation risque d'entraîner des perturbations pour les acteurs de l'enseignement. C'est une technologie innovante et les perdants seront ceux qui resteront dans leur zone de confort et privilégieront les modèles traditionnels d'éducation [28].

Au niveau budgétaire, l'investissement financier de la formation peut s'avérer être difficile. En effet, le coût de la formation peut être inaccessible lorsqu'il faut compter le coût du matériel, de l'abonnement Internet ou encore des licences logicielles [2]. Un des inconvénients de la formation en RV est le coût de production initial du développement du contenu et de l'équipement. Cependant, la RV peut permettre des économies globales à long terme et apporter un coût-utilité plus favorable que les méthodes traditionnelles de formation [19] [50].

En plus d'être accessible pour les établissements de santé, l'intérêt principal de la RV repose sur des applications pluridisciplinaires et sa facilité d'utilisation. Cependant, elle reste encore à démocratiser car pour certaines applications elle en est seulement aux stades expérimentaux. En effet, même si son intérêt est démontré dans les pratiques médicales, son rôle et sa contribution ne sont pas encore clairement définis. L'immersion totale qu'offre la RV provoque le "cybersickness" dont les symptômes sont similaires à ceux du mal des transports. Ils peuvent inclure des nausées, une désorientation, une instabilité posturale et des maux de tête. Une réglementation pourrait fixer les limites nécessaires (temps d'utilisation du casque sans effet secondaire par exemple) afin de protéger les utilisateurs. Par ailleurs, elle devrait préciser des règles concernant l'hygiène et la désinfection du matériel de RV pour anticiper les risques possibles de bactériologie et d'infectiologie [50] [51].

Finalement, l'ensemble de la revue de littérature amène à réfléchir quant à l'avenir de la RV dans la formation des professionnels de santé.

## Partie II - Étude de terrain

### I. Conclusion intermédiaire et question de recherche

#### A. Résumé de la revue de littérature

La revue de littérature a fait ressortir les diverses possibilités de la RV. Les études ont montré son impact positif dans la formation médicale de plus en plus exigeante compte tenu de l'accent mis sur la sécurité des patients et des normes plus strictes [50]. La RV s'est imposée comme un élément essentiel de l'enseignement clinique en permettant aux apprenants d'appliquer leurs connaissances et d'apprendre de leurs erreurs. Elle se concentre sur l'amélioration des compétences et met l'accent sur l'apprentissage autonome et mixte [47]. La revue de littérature montre que la RV est un moyen de pallier aux problématiques actuelles de l'éducation médicale. Les études s'accordent sur le fait qu'elle est l'une des technologies qui a le plus de potentiel pour changer et améliorer la formation.

Ensuite, la FAD apparaît de plus en plus comme une méthode prometteuse de l'enseignement médical. La FAD semble plus en mesure de couvrir les besoins éducatifs que les méthodes traditionnelles pour des raisons sociales, professionnelles, économiques et géographiques [27]. Aujourd'hui, les nouveaux enjeux sont d'étendre la simulation en dehors du traditionnel laboratoire [50]. L'objectif est de permettre un apprentissage virtuel à distance (VD-learning) et en collaboration dans un cas clinique en temps réel. Avec cette méthode, un médecin à Oxford peut voir un patient virtuel assisté par une infirmière à Delhi tout en étant encadré par un professeur à Baltimore. Ce co-apprentissage interculturel, qui offre des expériences cliniques à la demande, a la capacité de révolutionner la formation médicale dans le monde [47].

Bien que l'apport de la RV soit relativement avéré pour l'apprentissage présentiel, dans le secteur de FAD elle reste encore peu exploré. Néanmoins, les premiers travaux de recherche sur le VD-learning sont prometteurs. Il permet un apprentissage collaboratif augmentant l'engagement des apprenants dans leurs formations et favorisant les interactions apprenant-apprenant mais aussi apprenant-enseignant. Cependant, le manque d'études ne permet pas encore d'inclure systématiquement la RV dans un contexte de FAD [2].

## B. Problématiques de recherche

Le sujet de ce mémoire porte sur l'apport de la digitalisation et des outils technologiques tels que la RV dans la formation des professionnels de santé aux dispositifs médicaux (DM) par l'ingénieur d'application (IA). La revue de littérature a fait ressortir différentes problématiques de l'enseignement médical liées aux méthodes traditionnelles de formation. Elle met en avant la nécessité de transformer l'apprentissage en intégrant de nouveaux outils pédagogiques et notamment la technologie de la RV. Ce premier constat a permis une première réflexion : dans quelles mesures la RV pourrait faire évoluer la formation des professionnels de santé ?

En considérant la littérature, la RV pourrait bien révolutionner le monde médical. L'immersion, l'interaction, l'imagination et la présence contribuent à améliorer l'expérience des apprenants. Si la littérature a montré une application de la RV dans le monde, il semblerait cependant que la France ne soit pas tout à fait au même rythme. Sur le marché de la RV, la France est le 6e leader mondial mais plus de 70% de son utilisation est destiné au domaine du divertissement (voir graphique ci-dessous) [52] [53].

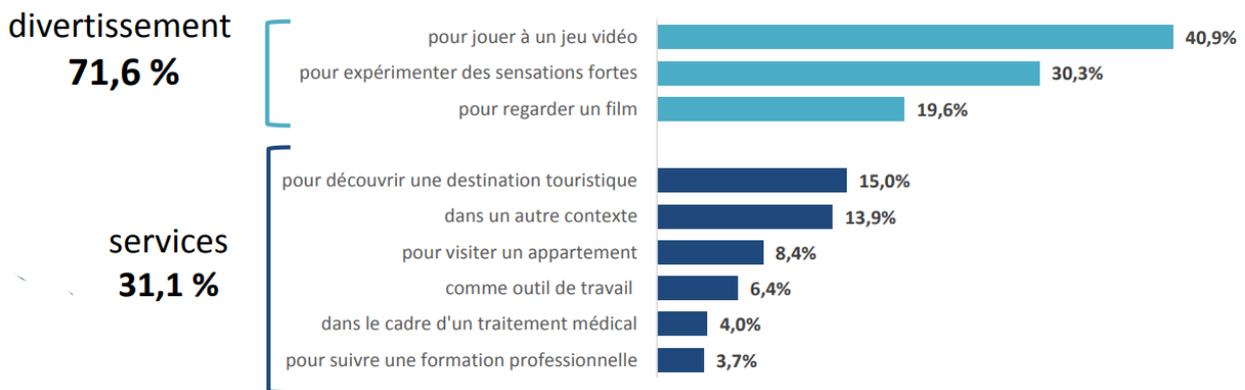


Figure 10 : Répartition des utilisations de la RV [52]

Le graphique indique tout de même un faible pourcentage de la RV utilisé à titre thérapeutique et pédagogique. Cependant, le manque de littérature française ne permet pas de généraliser cela au sein des établissements de soins français. Néanmoins, certains hôpitaux indiquent utiliser la RV ce qui peut être révélateur de son entrée progressive dans le marché français de la santé. Par exemple, la Clinique de l'Anjou à Angers, la Clinique de l'Europe à Rouen, la Clinique Lille Sud (Ramsay Santé) à Lille ou encore le CHU (Centre Hospitalier Universitaire) de Rennes ont testé la RV thérapeutique pour l'anesthésie et la gestion de l'anxiété des patients [54] [55] [56].

Dans le cadre de la formation, des établissements proposent des simulation de RV comme par exemple l'hôpital Foch à Suresnes pour les soins infirmiers, l'hôpital Privé de L'Estuaire (Ramsay Santé) pour les internes en chirurgie orthopédique et traumatologique ou encore l'hôpital Saint-Joseph à Paris pour les internes en médecine d'urgence [57] [58].

Bien que la RV ait fait ses preuves dans le monde, ces exemples limités en France amènent une nouvelle réflexion : comment légitimer la RV dans la formation des professionnels de santé aux DM en France ?

Traditionnellement, pour se former à un nouveau DM, les médecins participent à des sessions de formation assurés par un IA. Souvent méconnu du grand public, il occupe une place importante dans la formation médicale. Il travaille pour un fabricant de DM comme les échographes, les moniteurs de surveillance des paramètres vitaux, les scanners ou encore les équipements médicaux tels que les instruments de chirurgie. Doté de compétences techniques pointues, il apporte des conseils de haut niveaux permettant une utilisation optimale du DM afin d'assurer la prise en charge des patients [59].

Généralement ponctuelles, les formations par l'IA n'offrent pas forcément la possibilité aux apprenants de continuer à renforcer leurs compétences. Il n'est pas rare de voir s'écouler plusieurs semaines voire des mois entre le moment où les médecins se forment et celui où ils pratiquent sur un patient. En considérant la littérature, cela serait dû aux contraintes organisationnelles engendrant des difficultés à se libérer du temps. D'après les médecins, une méthode de FAD pourrait laisser davantage de souplesse dans la gestion de leur emploi du temps et de leurs formations [43]. Compte tenu des problématiques de la formation médicale, les recherches semblent s'accorder sur le fait que le moyen le plus adapté dans le cadre de la FAD est l'intégration de la RV (VD-learning).

Dès lors, le VD-learning pourrait-il être un outil de l'IA pour les formations aux DM ? Si les travaux mettent en avant les avantages du VD-learning pour la formation des professionnels de santé, le rôle de l'IA quant à lui n'est pas très documenté. Quels sont ses outils de formation ? Quelles sont les difficultés du métier ? Quelles sont les perspectives d'avenir ? Toutes ces questions amènent au cœur de la réflexion de ce mémoire : le futur du métier de l'IA.

À ce stade de la recherche, il est donc difficile d'établir les enjeux du métier d'IA et de pouvoir affirmer l'intérêt de la RV dans sa pratique quotidienne. Néanmoins l'ensemble de la réflexion construite tout le long de ce chapitre permet de poser la problématique principale :

**Dans quelles mesures le VD-learning pourrait devenir un outil pertinent de l'ingénieur d'application dans la formation à distance des professionnels de santé aux dispositifs médicaux ?**

De cette problématique, une série de questions émane : Serait-il un moyen d'améliorer la formation médicale en évitant les contraintes organisationnelles liées à celle-ci ? Permettrait-il de légitimer l'usage de la RV dans la formation médicale en France ? Les coûts liés à son utilisation sont-ils plus profitables que ceux des méthodes traditionnelles ?

Le cœur de ce mémoire vise à comprendre les bénéfices de la RV dans la formation des professionnels de santé aux DM et à évaluer leur contribution dans l'amélioration de leur quotidien mais aussi celui des IA tout en ayant un intérêt économique pour les entreprises de matériel médical.

Par ailleurs, l'intérêt du travail est de combler les lacunes de la littérature sur la FAD et le VD-learning dans le métier de l'IA. La réflexion posée montre la possibilité d'un réel travail de recherche sur le sujet où tout est à faire. L'étude de terrain va permettre d'apporter de nouveaux éléments et perspectives pour enrichir le sujet afin d'apporter des réponses à la problématique principale.

## **II. Méthodologie**

Comme nous avons pu le constater précédemment, il existe de nombreuses publications quant aux applications de la RV dans la formation médicale. Ces études sont centrées sur les apports pour les apprenants et plus précisément les professionnels de santé. Cependant, très peu de publications ne prêtent attention aux bénéfices de la technologie pour les formateurs et aucune ne s'intéressent à la place et aux outils de l'IA dans la formation des cliniciens. Dès lors, il est impossible de répondre à la problématique issue de la revue de littérature.

## A. Objectifs de l'étude de terrain

Dans le cadre de ce mémoire, la mise en place d'une étude de terrain a plusieurs objectifs en vue de répondre à la problématique choisie :

- Dans un premier temps, il s'agit de confronter la littérature et les données issues du terrain afin de relever les similitudes ou les divergences à propos des différentes thématiques du sujet : la FMC des professionnels de santé, la FAD et la RV.
- Dans un deuxième temps, il s'agit d'apporter des nouveaux éléments et d'enrichir la littérature notamment sur le rôle de l'IA pour faire ressortir les enjeux du métier. Cela permettra d'avoir une vision plus large du sujet et de mieux comprendre les implications de l'IA dans la formation médicale.
- Dans un troisième temps, il s'agira d'exploiter les informations obtenues afin d'apporter des réponses à la problématique choisie.

L'étude de terrain offre l'opportunité de recueillir différents avis sur le sujet, d'apporter de nouvelles perspectives mais aussi et surtout d'enrichir la réflexion en faisant émerger de nouvelles idées. En disposant de tous ces éléments, l'analyse pourra être plus approfondie, ce qui permettra de proposer des recommandations et un plan d'action cohérents quant à la problématique.

## B. Méthode choisie

Pour mener une étude de terrain, différents outils et méthodes existent. Ils sont plus ou moins adaptés en fonction des objectifs attendus. Dans le cadre de ce mémoire, l'étude qualitative a été adoptée. L'intérêt étant de collecter des avis et réflexions sur le sujet pour une explication en profondeur, cette méthode semblait être la plus appropriée. L'étude quantitative permet quant à elle une représentativité statistique par rapport à un comportement ou une habitude qui, ici, ne permettait pas de répondre aux objectifs.

Pour réaliser l'étude qualitative, l'entretien semi-directif (ou entretien long) a été choisi. Cet outil est généralement assimilé à un dialogue libre entre deux interlocuteurs : le chercheur et l'interrogé. Il s'agit d'une méthode de recherche utilisée pour dégager l'expérience vécue du sujet afin de comprendre comment il ressent les choses. Le dialogue permet de mettre en confiance la personne interrogée qui s'exprime librement afin de mieux percevoir le sens qu'elle donne à son comportement ou à des événements.

L'entretien semi-directif est un moyen d'explorer différents thèmes, de vérifier les intuitions mais surtout de faire émerger d'autres points de vue, ce qui répond parfaitement aux objectifs mentionnés précédemment.

Certaines précautions sont à prendre en compte pour mener à bien l'entretien. Tout d'abord, la position sociale de l'interviewé et l'intervieweur ne doit pas influencer le dialogue. Il s'agit d'être le plus neutre possible. Ensuite, pour favoriser l'échange, les questions à réponses fermées doivent être évitées. Il faut privilégier les réponses ouvertes qui laissent place à la liberté d'expression et ne pas hésiter à relancer le sujet pour obtenir davantage de détails. De plus, l'intervieweur doit faire preuve de naïveté. Il ne doit pas avoir une idée déjà forgée afin de ne pas orienter la discussion. Il doit poser des questions impartiales et toujours demander de préciser pour être sûr de bien comprendre les propos rapportés. Enfin, il s'agit de ne pas interrompre les personnes interviewées ou parler de soi pour leur laisser le temps de parler de leur expérience.

Préparer l'entretien semi-directif est une étape importante pour aborder l'ensemble des thèmes et idées nécessaires pour répondre aux objectifs et faire l'analyse. Pour cela, le guide d'entretien est un outil efficace qui permet de préparer en amont les questions que l'on souhaite poser. Lors de l'entretien, il permet en un coup d'œil de vérifier que tous les points essentiels ont été abordés. Dans le cadre de ce mémoire, deux guides d'une vingtaine de questions ont été réalisés (Cf Annexes I et II) à destination de deux populations différentes : les professionnels de santé et les IA.

Par ailleurs, les deux derniers points de chaque guide étaient des questions projectives. Il s'agissait de présenter un scénario pour demander aux sujets de se projeter pour faire sortir des narrations, descriptions ou commentaires afin d'explorer de nouvelles perspectives sur le sujet.

### **C. Terrain d'étude**

Mener une étude de terrain nécessite une ou plusieurs populations cibles qui doivent être choisies selon leurs implications dans le sujet de l'étude. Le thème de ce mémoire portant sur l'amélioration de la formation des professionnels de santé aux DM, deux populations distinctes ont été interrogées.

La première est inévitablement celle des professionnels de santé qui sont les premiers concernés par le sujet puisqu'ils sont soumis à une obligation de FMC sur les techniques chirurgicales, les procédures mais aussi les DM. Au cœur du sujet, il est donc indispensable de les interroger car ils sont les plus à même de fournir des retours d'expériences quant à cette formation.

La deuxième population est celle des IA qui sont également particulièrement impliqués dans la formation des professionnels de santé. En effet, leur rôle est de former les médecins à l'utilisation des DM. Ils sont donc concernés de près par le sujet puisqu'ils sont tous les jours confrontés à la réalité du terrain et aux défis de la formation médicale. Leurs expériences permettront d'enrichir la littérature qui actuellement ne permet pas d'exposer tous les enjeux auxquels ils peuvent être confrontés.

#### **D. Collecte des données**

La collecte de données a été menée au travers de 7 entretiens semi-directifs divisés en deux catégories distinctes d'intervenants : les professionnels de santé (4 entretiens) et les IA (3 entretiens). L'étude de terrain a débuté le 9 mars 2022 et s'est terminée le 8 avril 2022, soit une période d'un mois et demi environ.

Concernant le recrutement des personnes, l'objectif était de varier les profils pour élargir les expériences et points de vue. Du côté des professionnels de santé, il s'agissait d'obtenir plusieurs spécialités médicales pour mettre en lumière les diverses problématiques de leurs formations impliquant différents DM. Les spécialités recrutées sont les suivantes : médecine générale, anesthésie, réanimation et médecine d'urgence. Ensuite, le panel comprend des personnes d'âges différents, formatrices ou non et ayant eu un ou plusieurs contacts avec un IA.

Concernant les IA, il s'agissait principalement de choisir plusieurs types de DM pour obtenir des données sur les différentes formations associées. Les principales spécialités sont les suivantes : le monitoring, l'échographie, la cardiologie, l'anesthésie-réanimation ou encore la néonatalogie.

Ensuite, l'opérationnalisation des entretiens s'est déroulée de la façon suivante. Les médecins étaient contactés par mail. Les adresses étaient celles de ma base de données professionnelles. Concernant les IA, le contact était établi par message via le réseau professionnel LinkedIn. La demande de participation comprenait toujours l'intitulé du sujet

du mémoire, l'objectif de l'entretien et son déroulement ainsi que l'explication de l'implication des personnes dans le sujet. De plus, la durée de l'entretien était également précisée (30 min à 1 heure) pour que les sujets puissent réserver un créneau adéquat et ne pas être limité par le temps le jour même. Lorsque la réponse était positive, il s'agissait ensuite de fixer une date et un lieu de rendez-vous.

Les entretiens présentiels sur le lieu de travail des sujets, c'est-à-dire à l'hôpital, ont été privilégiés. Seuls 2 entretiens ont été réalisés par visioconférence à la demande des personnes. La durée des entretiens variait de 30 min à 1 heure. Enfin, tous les entretiens ont été enregistrés avec l'accord des sujets pour ne pas se limiter aux simples souvenirs de l'échange et permettre par la suite une retranscription précise des informations.

La fin de la collecte s'est arrêtée au moment de la saturation théorique c'est-à-dire lorsque les réponses et informations devenaient redondantes. Finalement, le résultat est de 4 entretiens pour les professionnels de santé et 3 pour les IA. Le tableau ci-dessous récapitule les personnes interrogées pour les deux populations. Pour des raisons de confidentialité, des noms fictifs ont été attribués. Seules les régions des établissements de santé et sociétés sont mentionnées.

Tableau 1 : Sujets interrogés pour l'étude

Sujet	Profession	Région	Durée de l'entretien
<b>Dr. Mike</b>	Médecin généraliste	Hauts-de-France	1h01
<b>Dr. Carlos</b>	Médecin anesthésiste-réanimateur, chef de service de la réanimation médico-chirurgicale	Île-de-France	1h01
<b>Dr. Lee</b>	Médecin anesthésiste-réanimateur	Normandie	41 min
<b>Dr. Bob</b>	Médecin urgentiste	Île-de-France	39 min
<b>Mme. Edie</b>	Ingénieure d'application en monitoring	Hauts-de-France	46 min
<b>Mme. Bree</b>	Ingénieure d'application en échographie	Île-de-France	37 min
<b>Mr. Tom</b>	Ingénieur d'application en solution de cardiologie, d'anesthésie-réanimation, de néonatalogie	Hauts-de-France et Île-de-France	1h01

Lors de cette étude de terrain, aucune difficulté insurmontable n'a été rencontrée. Étant IA en échographie au sein de la société Mindray, cela m'a permis de côtoyer des professionnels de santé quotidiennement. Pour les IA, mon réseau professionnel a permis d'établir un contact rapide. Le recrutement n'a donc pas posé de problèmes particuliers. En revanche, quelques contraintes organisationnelles peuvent être soulignées. Les emplois du temps chargés de chacun ont pu ralentir la collecte de données par la difficulté de trouver des créneaux communs. Aussi, les IA ayant rarement des bureaux, trouver un lieu adapté et calme pour les rendez-vous ne s'est pas avéré être toujours évident. Finalement malgré ces contraintes, les entretiens ont pu être réalisés dans de bonnes conditions et majoritairement en présentiel, ce qui est plus propice à la discussion et l'échange.

## **E. Traitement des données**

Dans un premier temps, il a fallu retranscrire chaque entretien. Pour cela, tous ont été enregistrés afin de conserver l'entièreté des informations. Il a fallu ensuite les écouter un par un pour procéder à la retranscription exacte de la discussion. La retranscription a été faite en alternant deux méthodes pour rendre plus agréable cette étape : parfois la réécriture manuelle ou bien le plus souvent l'utilisation de l'outil dictée qui nécessite une correction manuelle.

Dans un deuxième temps, il a fallu procéder à un codage manuel des données collectées afin de confronter l'ensemble des résultats obtenus entre les différentes personnes interrogées. Cela est nécessaire pour identifier des catégories d'idées qui constitueront le cœur de l'analyse. Ce processus de codage se décompose en deux étapes. D'abord une analyse intra-textuelle qui correspond à l'étude du sens du discours et s'effectue entretien par entretien. Puis une analyse inter-textuelle qui consiste à analyser l'ensemble des entretiens pour déceler les similitudes et différences.

L'ensemble des résultats de l'analyse est présenté dans la partie suivante.

### III. Analyse des résultats des entretiens

L'analyse des entretiens a permis de mettre en évidence des sujets récurrents auprès des deux populations. Les thématiques les plus communes identifiées sont les suivantes :

- L'importance et les contraintes de la formation médicale
- Le rôle de l'IA, les difficultés qu'ils rencontrent et son avenir
- Le besoin de nouveaux outils dans la formation médicale
- Les apports, les contraintes et divergences d'utilisation de la RV et de la FAD
- Le rendement de la formation en termes de temps et de coût

#### A. L'ingénieur d'application, un métier riche mais éprouvant

##### 1. L'importance de l'ingénieur d'application dans la formation

###### a) Une expertise technique

En échangeant avec les médecins, la présence de l'IA dans la formation aux DM s'est révélée être essentielle. En effet, les professionnels de santé font appel aux IA lorsqu'ils font l'acquisition d'un nouveau matériel médical comme le précise le Dr. Lee *“Oui ça m'est arrivé pour la mise en place de respirateurs d'anesthésie quand on changeait de respirateur au sein d'un bloc opératoire et qu'on a eu un respirateur d'une nouvelle génération on a eu une formation au matériel par l'ingénieur d'application tout à fait. Et c'est arrivé aussi pour des appareils d'échographie par le passé, à chaque nouveau matériel en fait.”* (Cf Annexe III).

Le besoin de formation des médecins dépend de la fréquence d'utilisation des DM dans leurs pratiques quotidiennes : *“Si c'est un dispositif médical qu'on doit utiliser régulièrement dans ces cas-là clairement je fais appel aux fournisseurs.”* (Dr. Carlos). Selon le niveau de connaissance du médecin, l'expertise de l'IA s'avère être également utile pour maîtriser le matériel comme le souligne le Dr. Bob : *“[...] Mais probablement pour quelqu'un qui ferait l'acquisition d'une machine d'échographie et qui n'a pas l'expérience que j'ai bah ça serait vraiment bien d'avoir un ingénieur d'application pour l'aider à maîtriser rapidement son outil.”*

Dans tous les cas, faire appel aux compétences de l'IA est indispensable pour pouvoir exploiter entièrement le DM et ses différentes fonctionnalités. *“Je pense que c'est indispensable en fait. Parce qu'on voit parfois des gens qui utilisent un matériel qui n'est pas complètement maîtrisé en fait et quand on a accès à quelqu'un, un ingénieur d'application il va vous former intégralement sur le dispositif et on va pouvoir l'exploiter à fond [...] Donc on ne peut pas, à moins d'ouvrir la notice du matériel, mais globalement on a besoin d'une formation pour tirer le meilleur de l'appareil quoi.”* (Dr. Lee).

Finalement, l'expertise technique qu'apporte l'IA le rend important auprès des professionnels de santé : *“Ce que j'aime dans le métier d'ingénieur d'application c'est le côté technique qu'il peut apporter face aux utilisateurs. En fait on va avoir vraiment un rôle de personnes qui maîtrisent énormément le sujet et donc on a l'impression de comment dire d'être hyper important pour les utilisateurs ou pour les clients et ça c'est gratifiant on va dire.”* (Mme. Bree).

## **b) Une relation de partage**

L'ensemble des professionnels de santé interrogés s'accordent sur l'importance de la relation avec l'IA. Le Dr. Carlos l'a décrit comme un partenariat gagnant-gagnant dans lequel le dialogue est primordial pour comprendre les attentes de chacun, éviter les difficultés et avancer ensemble dans l'atteinte des objectifs. *“Je pense que c'est un partenariat. C'est un partenariat qui est gagnant-gagnant. Quand on arrive à se connaître et à se comprendre, tout de suite on arrive à aboutir à des solutions et à avancer et à progresser [...] Donc ouais la relation elle est... enfin il faut qu'il y ait un bon mode de communication entre les 2 effectivement.”*

Ce dialogue est en réalité une communication à double sens pour un échange constructif autour des objectifs et des attentes. *“Bien sûr, ça ne peut pas être à sens unique, il faut qu'il y ait un émetteur et un récepteur. Il faut que les 2 arrivent à communiquer et apprendre à se parler pour savoir qu'est ce qu'ils attendent l'un de l'autre. Ça ne peut pas être qu'une personne qui demande et l'autre enfin on ne peut pas juste recevoir de l'information faut qu'il y ait un échange pour savoir si ça répond aux attentes et savoir aussi pourquoi.”* (Dr. Carlos). Il s'agit d'établir une connexion entre deux visions différentes : une technique centrée sur le matériel et une clinique centrée sur le patient. Pour cela, le Dr. Lee précise la nécessité de se mettre au niveau de l'autre pour trouver un langage commun : *“[...] je pense que lui ses connaissances sont centrées sur le matériel et nous nos connaissances sont centrées sur le patient. Et donc en fait c'est établir une*

*sorte de connexion entre 2 visions des choses différentes concernant le même sujet et en fait chacun doit se mettre un petit peu au niveau de l'autre quelque part quoi [...]*”.

Finalement, cette relation de partage est qualifiée par le Dr. Bob d'un travail collaboratif main dans la main : *“[...] c'est vrai que j'ai côtoyé des ingénieurs d'application dans d'autres domaines et notamment dans la simulation médicale et là pour le coup c'était vraiment un travail main dans la main avec l'ingénieur d'application [...]”*. Les IA profitent également de cette relation qui est décrite comme instructive : *“Aussi, le fait de faire des formations etc moi je trouve ça très instructif pour soi-même puisqu'on parle quand même à des anesthésistes-réanimateurs, des médecins donc je trouve que c'est instructif.”* (Mme. Edie). Mr. Tom quant à lui souligne la richesse du métier par les échanges entretenus avec les professionnels de santé : *“Sinon globalement c'est un métier qui est assez riche parce qu'on a des interlocuteurs assez intéressants hein, c'est le corps médical, c'est des médecins, ça peut être des chefs de service donc on peut avoir des sujets à réflexion, des discussions assez profondes et intéressantes.”*

## **2. Une implication du corps médical parfois difficile**

Comme nous l'avons vu précédemment dans la littérature, la formation médicale continue (FMC) est obligatoire. *“On a par contre une obligation de formation continue ça veut dire que pour avoir une accréditation d'exercice on doit justifier d'un quota de formation donc quand on va à certains congrès on collige des points de Développement Professionnel Continu de formation continue.”* (Dr. Lee).

L'ensemble des professionnels de santé interrogés reconnaissent la FMC comme fondamentale tout au long de l'exercice pour maintenir son niveau de connaissance comme le précise le Dr. Mike : *“La formation médicale c'est quelque chose de très important, vital même. Il faut se mettre au fait des nouvelles technologies, des nouveaux médicaments, des nouvelles maladies même parfois. [...] Et donc la formation, c'est obligatoire. Déjà de par les textes mais moralement aussi c'est obligatoire de se former. On ne peut pas avoir fait des études et puis 30 ans après, ne pas avoir les connaissances du jour je dirais. On ne peut pas tout connaître, bien entendu mais on se tient régulièrement au courant et on fait des formations, bien entendu en fonction de ce qu'on aime ou de sa patientèle et de l'orientation.”*

De plus, tous les professionnels de santé s'accordent sur le fait que la FMC est un travail qui doit être continu. Pour cela, le temps consacré à la formation doit être régulier voire quasi quotidien : *“C'est un peu difficile d'évaluer comme ça mais en fait c'est un petit peu du quotidien ça veut dire qu'on va lire de la littérature, consulter des recommandations, apprendre des nouvelles techniques, aller se former sur d'autres centres, assister à des congrès donc en fait c'est très varié.”* (Dr. Lee).

L'échange avec les médecins révèle que dans la réalité, se former quotidiennement n'est pas toujours possible et que par conséquent le travail de formation peut être insuffisant. La principale raison évoquée par le Dr. Carlos est le manque de temps dû à une surcharge de travail mais aussi un manque de ressource humaine : *“Heu très peu parce que j'ai d'autres missions donc je ne passe pas beaucoup de temps [...]. Ce n'est pas l'organisation en interne du service, c'est qu'on a une petite équipe [...] On est 6 médecins au total : 3 fixes et 3 tournants voire 3 assistants ça ne fait pas beaucoup [...] donc voilà c'est par manque un peu de ressources humaines que du coup ben voilà on est tout le temps un peu au front et finalement on n'a pas beaucoup de temps.”*

Ce manque de temps est également mentionné par les IA. C'est pour eux la difficulté d'assurer les formations. L'indisponibilité des médecins fait qu'*“on ne peut pas croiser tout le monde : il y a des personnes qui sont en vacances, il y a des personnes qui ne sont pas disponibles tout simplement ou d'autres qui n'ont pas envie de donner de leur temps à ce moment-là ou on peut arriver aussi à un mauvais moment.”* (Mme. Edie). Cela rend plus ou moins utile le temps passé avec les utilisateurs. En effet, Mr. Tom précise également que le temps limité des médecins se ressent ce qui modifie le déroulement de la formation qui devient moins optimale : *“Ils sont très pressés et donc on ne va pas faire la même formation que si c'était des gens qui nous disent rien entre guillemets à qui on fait la formation classique c'est-à-dire où on prend bien le temps d'entrer dans les détails. Si on sent qu'ils sont pressés on va peut-être raccourcir, essayer de se dépêcher et eux aussi dans leur comportement ils vont être moins attentifs et plutôt être pressés que ça se finisse pour pouvoir vite aller faire ce qu'ils ont à faire en fait et ça on le ressent. On le ressent dans la formation, par exemple ils vont, comment dire, ils vont affirmer rapidement des choses sans qu'on soit vraiment sûr qu'ils aient compris.”*

Les imprévus de plannings représentent la difficulté la plus contraignante pour le corps médical mais également les IA ce qui n'aide pas à optimiser leurs temps de travail : *“[...] des fois on voit qu'on peut se déplacer aussi pour rien et c'est beaucoup de temps sur la route [...] et je pense que ce n'est ni rentable pour notre temps ni rentable pour la*

société. [...] En attendant on n'a pas de réseau donc on peut pas forcément travailler et faire autre chose donc on attend et puis dans tous les cas on sait pas vraiment quand est-ce qu'elles vont se produire parce qu'il y aura des urgences, il y aura ceci, il y aura cela, en ce moment il y a le COVID aussi qui peut décaler certaines interventions donc des fois c'est embêtant parce qu'on attend beaucoup." (Mme. Edie). Tout le temps consacré à la formation, qui en raison des imprévus et indisponibilités doit être prolongé ou reprogrammé, se répercute sur le temps nécessaire au suivi des utilisateurs : "Et dans le suivi parce que bah ouais on n'a pas le temps de faire plus de suivi que ça et donc je dirais qu'il y en a un petit peu dans les 2 en soi mais on essaye toujours de faire au mieux mais malheureusement on ne peut pas non plus contenter 100% de nos clients comme je disais on est 2 pour 8 départements donc ça reste plutôt pas mal et quand on passe une semaine chez un client bah c'est une semaine où on n'est pas chez d'autres clients quoi donc c'est du temps qu'on pourrait gagner." (Mme. Edie).

À cela s'ajoutent les motivations personnelles évoquées par la majorité des personnes interrogées. Étant un travail personnel, les implications de chacun dans la FMC divergent ce qui impacte la formation. Le Dr. Mike indique que ce n'est pas le temps de formation qui manque mais plutôt la motivation personnelle : "Je dirais oui, on a toujours suffisamment de temps. Le problème, c'est que c'est souvent le soir. À moins de fermer son cabinet et de le faire la journée, on fait ça le soir. Par exemple, ce soir, j'ai une formation qui va me prendre 2h voire 2h30 sur la gastro donc forcément c'est sur mon temps personnel. Mais bon, c'est souvent le cas, hein. Et il y a même des médecins qui hésitent à se former enfin ou qui ne se forment pas à cause de ça. Ils estiment que bah ils ont trop de travail donc ils ne veulent pas s'arrêter pour une formation donc voilà. Le soir ou le week-end, c'est un peu compliqué.". Ce que confirme également le Dr. Lee : "[...] c'est aussi dépendant de la motivation de chacun et de la spécialité de chacun."

Il s'agit d'une seconde difficulté pour les IA notamment le fait d'être confronté à des personnes, qui pour des raisons personnelles, sont réfractaires au nouveau DM. "Des fois il y a des utilisateurs qui ne sont pas forcément à l'aise avec le nouveau et des fois ils ne sont pas toujours décideurs dans le type d'appareil qu'ils vont acheter et donc il y a parfois des réticences à ce niveau-là parce qu'en fait ils n'ont pas envie de changer et on leur impose quelque chose et donc on a beau leur montrer 50 fois la même manipulation bah ils ne veulent pas forcément intégrer ce qu'on leur dit. Mais je pense que ce n'est pas forcément un problème de compréhension mais plus un rejet en fait de l'appareil et ils ne veulent tout simplement pas utiliser la machine en fait." (Mme. Bree).

Ces motivations personnelles résultent du choix et de la volonté des médecins à se former : *“C'est sur mon temps libre donc c'est le temps que j'ai envie d'y consacrer pour me former et puis si je n'ai pas envie je ne me forme pas.”* (Dr. Bob). De plus, *“quand on a un peu de temps on voudrait aussi un peu récupérer et pas nécessairement aller se mettre dans un programme de formation. Juste besoin de profiter un tout petit à côté pour avoir un état d'équilibre quoi.”* (Dr. Carlos).

## **B. La FAD et la RV : une solution gagnant-gagnant ?**

### **1. Des outils prometteurs**

#### **a) Des pratiques plus ou moins répandues**

Dans un premier temps, les différents échanges avec les personnes interrogées amènent à un constat qui est que la FAD est plus largement répandue dans les pratiques quotidiennes du corps médical que dans celles des IA. Le support vidéo s'impose de plus en plus en tant qu'outil de formation car il permet l'auto-apprentissage, très répandu dans le monde médical. C'est ce que le Dr. Lee, qui utilise beaucoup la vidéo, confirme dans ses propos : *“À distance même mais aussi chercher des vidéos sur youtube faites par des professionnels parce qu'en fait on a de plus en plus, et la médecine c'est ça, on a une culture de l'auto-formation c'est-à-dire qu'on va chercher soit-même alors à la fois les données de la littérature, dans les articles tout ça. Il y a des séminaires quand on peut.”*

La FAD est un outil adapté pour transmettre des informations que ce soit pour les apprenants ou les enseignants comme le Dr. Mike, qui en tant que formateur emploie la FAD depuis la crise sanitaire, l'explique : *“Ne serait-ce que par mon association, on a rebondi en faisant des visio avec le logiciel de zoom qui est très bien fait et très adapté à ce genre de formations puisqu'on peut montrer des documents à tous les participants, on peut montrer des vidéos et puis on peut faire, ce qui est obligatoire c'est-à-dire des tests, des pré tests et des post-tests qui sont obligatoires pour la validation de la formation. Et donc ça permet aussi l'échange avec des exposés d'experts et après il y a la discussion, et les interrogations et même parfois, souvent des petits cas cliniques ou exercices donc des cas pratiques.”*

Pour les IA, utiliser la FAD n'est pas une pratique courante. Depuis toujours les ingénieurs se déplacent et cela persiste à l'heure actuelle : *“tout simplement parce que ça a toujours été la norme”* (Mr. Tom). Néanmoins, le support à distance tend à se développer et notamment par le biais du téléphone pour l'aide à distance des utilisateurs : *“Alors le support à distance oui c'est-à-dire un client qui m'appelle et qui a un problème bah je faisais du support à distance pour soit un dépannage soit un conseil soit un changement de paramètre ou de réglage par défaut que je faisais donc par téléphone ou en visio.”* (Mr. Tom). Selon les propos de Mme. Edie, ce support à distance est un moyen d'optimiser le temps passé en voiture : *“Aujourd'hui on essaie de le rentabiliser en étant par exemple beaucoup au téléphone ce qui n'est pas forcément bien mais c'est ce que beaucoup de personnes font aujourd'hui.”*

Par ailleurs, les échanges montrent que les IA ne sont pas réfractaires à l'utilisation de la FAD pour la formation aux DM. *“Après je pense que c'est tout à fait faisable si on fait une bonne vidéo qualitative dans laquelle on voit tout ce qu'on pourrait présenter sur la machine et je ne vois pas pourquoi ça ne marcherait pas.”* (Mme. Bree). Pour cela, il est important de conserver tous les bénéfices de la formation physique : *“Mais ça peut être un vrai outil parce que déjà tu vas gagner un temps de trajet et si tous les bénéfices qui étaient présents lors de la formation physique sont retrouvés dans la formation à distance ça peut être top”*. (Mr. Tom). Enfin, les propos de Mme. Edie précisent que pour exploiter cet outil, il faut trouver la bonne manière de le faire mais également les bons interlocuteurs car ils peuvent être un frein à l'utilisation de la FAD : *“Je pense qu'il faut trouver la bonne manière, il faut trouver les bons interlocuteurs aussi parce que je pense que des personnes sont plus aptes à aimer les formations à distance et d'autres moins. Aujourd'hui, les médecins comme je disais qui veulent être un peu tranquilles [...] peut être que pour eux ce serait un peu plus sympa et d'autres où je pense qui n'apprécieraient pas. Et après je pense que l'âge peut jouer.”*

Dans un deuxième temps, comme constaté dans la littérature, l'entraînement par la simulation est largement employé dans la santé. Le principe est toujours le même : jamais la première fois sur le patient. Les médecins interrogés ont la même vision de la simulation qui est l'apprentissage par l'expérience en recréant diverses situations et notamment des situations rares difficilement reproductibles dans la vraie vie : *“[...] la simulation mais ça c'est pareil c'est un outil qui est incroyable [...] nous avant, il y a 30 ans la première fois c'était sur malade, là on est dans une simulation où la première fois c'est sur mannequin avec des mannequins très perfectionnés, avec des scénarios qui ont été vraiment*

*élaborés, pensés et qui nous mettent en situation quasi réelle et ça permet un entraînement avant la première fois sur un malade. [...] il y a des situations rares mais graves en médecine et en fait bah on y est confronté que très rarement et quand on y est confronté si on n'est pas performant c'est dramatique et en fait le fait d'être confronté là-dessus en simulation ça compense, ça corrige le problème qu'il y avait avant [...]" (Dr. Lee).*

Dans le cadre de la simulation, la RV est encore peu exploitée en tant qu'outil de formation que ce soit par le corps médical ou les IA. La plupart des interrogés ont pu en faire l'expérience soit personnellement pour le divertissement soit dans un cadre thérapeutique pour gérer l'anxiété des patients comme l'indique le Dr. Lee : *"Personnellement moi j'ai un copain qui a un jeu vidéo et voilà donc j'ai utilisé le casque de réalité virtuelle et j'ai trouvé ça bluffant. Après professionnellement, la réalité virtuelle je ne crois pas, je n'ai jamais essayé non je n'ai jamais essayé professionnellement enfin après c'est autre chose mais on a des casques de réalité virtuelle pour des patients mais c'est pas du tout de la formation et c'est pas du tout dans mon exercice professionnel parce qu'on les met aux patients pour qu'il puisse être déconnectés et pour gérer l'anxiété, pour remplacer un traitement contre l'anxiété."*

Néanmoins comme pour la FAD, la majorité des sujets se projettent positivement dans l'utilisation de la RV pour la formation en général mais également aux DM comme l'indique le Dr. Bob : *"Oui oui oui. Il y a une partie de l'apprentissage des dispositifs médicaux qui se prêtent très bien et qui se fait très bien d'ailleurs en réalité virtuelle. Il y a plein de simulateurs qui existent sur le marché que ça soit pour l'échographie dans le domaine qui vous intéresse ou dans l'utilisation de robots chirurgie ou de plein d'autres choses."* En considérant la littérature mais également les avis des personnes interrogées, la réalité virtuelle pourrait être un outil intéressant de la formation médicale offrant différentes perspectives : *"Je pense que c'est un outil supplémentaire qui est super intéressant et qui peut parfaitement s'intégrer dans notre pratique et qui doit être nuancé comme tout ce qu'on fait c'est à dire qu'on a des outils, faudra avoir des outils de réalité virtuelle, faudra avoir des outils numériques, des outils de simulation et je pense que c'est une corde supplémentaire à notre arc et c'est très bien. Il y a plein de perspectives intéressantes en fait avec la réalité virtuelle et c'est toujours pareil tout ne s'y prêtera pas mais il y a plein de choses qui seront intéressantes avec ça."* (Dr. Lee).

Dans ces perspectives, la plus mentionnée est le fait de pouvoir aller encore plus loin dans les possibilités de simulation qu'offre la simulation physique. Le virtuel permet de concevoir une panoplie de scénarios initialement trop coûteux à mettre en place dans la vraie vie ce qui amène beaucoup de possibilités de tester des choses : *“Alors il y a des jeux de rôles à grande échelle en médecine donc des simulations mais ça coûte très cher, ça demande beaucoup de moyens et en général on peut en faire une ou 2 pendant toute la durée de sa formation et c'est des choses compliquées à mettre en place. Alors qu'avec la réalité virtuelle on peut être confronté à de la catastrophe à grande échelle mais même pour des choses un peu différentes typiquement pour de la chirurgie par exemple être face à une situation extrêmement grave c'est difficile à simuler sur un mannequin physique alors que c'est beaucoup plus facile avec de la réalité virtuelle et puis ça coûtera moins cher.”* (Dr. Bob).

Pour les IA, cette simulation virtuelle pourrait également être le moyen de concevoir des scénarios autour de l'utilisation d'un DM. L'objectif serait de confronter l'utilisateur à des situations classiques et des situations d'urgence pour étudier son comportement et la façon dont il exploite le dispositif. Par exemple pour Mme. Bree cette possibilité est une perspective intéressante : *“Ça pourrait servir dans le sens où on pourrait utiliser la réalité virtuelle pour simuler par exemple une mise en situation avec un appareil et voir comment le médecin utiliserait la machine dans cette situation là. On pourrait même mettre des situations classiques où il utilise la machine de manière normale et en situation d'urgence pour voir comment il faut réagir rapidement, quelles sont les fonctionnalités utilisées en cas d'urgence ou ce genre de choses donc ouais effectivement ça peut être une bonne idée.”*

## **b) De nombreux atouts**

Finalement, même si les technologies sont plus ou moins répandues, la majorité des sujets reconnaissent le côté pratique de la FAD et l'intérêt de la RV pour un apprentissage par l'expérience.

L'atout principal de la FAD mis en avant est la liberté dans le choix du moment de formation c'est-à-dire de laisser la possibilité aux apprenants de la fractionner comme ils l'entendent pour se former lorsqu'ils sont mentalement disponibles. Cela offre de meilleures conditions de formation que le présentiel qui délivre des quantités importantes d'information sur un temps limité comme l'explique le Dr. Lee : *“[...] je pense que du coup*

*ça permet de fragmenter un petit peu parce que quand on fait de la formation traditionnelle on est obligé de rassembler plusieurs personnes en une seule fois et de condenser les cours parce qu'on a des contraintes organisationnelles et donc c'est des journées complètes et c'est super éprouvant [...] donc le rendement de ces séances là je pense, empiriquement comme ça, que c'est pas du tout le même que le rendement d'une séance d'e-learning pour laquelle on peut revenir, on peut écouter à la carte, on peut choisir d'en écouter une demi-heure tel jour et on peut choisir de l'écouter quand on a envie de l'écouter c'est-à-dire quand on est mentalement disponible et motivé [...] En tout cas j'ai la sensation que c'est beaucoup plus efficace et j'y trouve plus de plaisir aussi parce que ça me permet d'être plus confortable [...]*

L'idée de formation à la carte est également mentionnée par la plupart des personnes interrogées. Il s'agit de pouvoir répéter la formation autant de fois que nécessaire pour parvenir à maîtriser les différentes notions. C'est ce qui donne une plus-value à la formation : *“C'est visualiser plusieurs fois si on n'a pas compris quelque chose et ça c'est super utile [...] et en fait ça permet de réécouter des cours sur des sujets qu'on a mal maîtrisé la première fois et ça ça change tout. Enfin moi je trouve que ça change et que ça fait une énorme différence.”* (Dr. Lee). Selon les propos de Mme. Edie la RV rend possible la répétition de la formation et serait un moyen de compléter les formations faites par les IA : *“[...] je trouve ça hyper intéressant parce que déjà ça va être aussi de la répétition en fait et ils vont apprendre leur métier grâce à la répétition. Et aujourd'hui nous on n'a pas le temps d'être dans la répétition avec eux donc on leur apprend et ensuite ils se trompent et ensuite ils réapprennent. Si ça pourrait, si ça pouvait, pardon, éviter ce genre d'erreur ce serait top euh donc non moi je pense que ce sera intéressant.”*

Cette flexibilité qu'offre la FAD est également mentionnée par le Dr. Bob qui souligne également un avantage en termes de coût par rapport à une formation présentielle. Les frais liés à la formation sont réduits car la FAD limite les déplacements puisque les cours peuvent être suivis à distance : *“Donc oui beaucoup de flexibilité, beaucoup d'avantages. Et aussi de la réduction des coûts parce qu'avant on était obligé de payer les déplacements des enseignants, les étudiants eux été obligés de payer leurs déplacements en plus des frais d'inscription dans les formations. Et là clairement on peut faire nos formations de façon beaucoup plus simple et on peut même toucher des gens qui ne sont pas en France et apporter la formation dans des endroits où ce serait compliqué quoi.”*

Limiter les déplacements est également un objectif des IA pour réaliser des économies en termes de temps mais également des économies financières pour les sociétés. D'après les propos de Mme. Bree, la FAD pourrait être une solution pour répondre plus rapidement aux demandes de formation des utilisateurs parfois difficile à satisfaire en raison du temps passé sur la route et des indisponibilités : *“Je pense que ça peut être une bonne alternative pour notamment limiter les déplacements de certaines personnes dans les entreprises. Je sais que certaines entreprises par exemple ont un ingénieur d'application pour toute la France ou ce genre de choses. Donc plutôt que de faire attendre le client en disant bah là j'ai pas de disponibilité avant 2 semaines pour venir vous former bah soit proposer des vidéos de formation ou alors organiser une visioconférence où on pourrait interagir et même pourquoi pas organiser une visio mais avec plusieurs établissements, ça c'est aussi possible [...] Moi je pense que ça peut être une très très bonne alternative et ça pourrait aussi faire des économies aux entreprises.”*

Cette idée, évoquée par Mme. Bree, de rassembler des utilisateurs de différents sites au sein d'une même formation est rendue possible par la digitalisation des informations. Cela permet de diffuser en masse la formation et de toucher un grand nombre d'apprenants en même temps. *“L'avantage aussi de la digitalisation en plus c'est que ça permet de faire des gros volumes d'apprenants parce que par exemple une simulation en santé en présentiel vous avez moins de monde, il faut faire des petites sessions avec peu de monde sinon vous perdez le bénéfice. Alors qu'avec du distanciel et du digital vous pouvez en faire des milliers si vous en avez envie.”* (Dr. Carlos).

Enfin, la RV est un moyen de rendre actif l'apprenant qui ne va pas simplement assister à la formation mais être acteur : *“Ah bah c'est sûr puisque du coup il serait totalement maître de ce qu'il fait et il y aura personne derrière lui pour lui dire comment faire [...] donc forcément ça va le rendre vachement plus actif et pas juste assister à une formation où il va regarder comment ça fonctionne et donc ça oui je pense que la réalité virtuelle ça peut vachement aider sur le côté mettre en action le médecin face au dispositif médical.”* (Mme. Bree). Cela rentre dans le processus d'apprentissage par l'expérience puisque l'apprenant va faire des erreurs et c'est en faisant des erreurs qu'on progresse : *“Je pense que c'est bien, c'est exactement dans la même lignée et ça se met dans la lignée de la simulation en santé : c'est le droit à l'erreur, c'est justement de faire des erreurs pour progresser.”* (Dr. Carlos).

## 2. Mais des précautions à considérer

### a) L'importance du contact humain

L'ensemble des personnes interviewées s'accordent sur l'importance du contact humain dans la relation entre médecins et IA. Ce lien social est essentiel pour établir une relation de confiance : *“Je pense que, alors bon c'est très personnel ce que je vous dis là, mais c'est une question de relation de confiance aussi. Quand vous voyez régulièrement la personne et que vous avez un contact avec cette personne là, c'est plus simple parce que les messages passent mieux, on commence à mieux se comprendre.”* (Dr. Carlos). Les propos de Mme. Edie confirment l'importance de ce lien qui permet de créer plus de proximité avec les médecins : *“Après les clients préfèrent nous voir en personne que passer un coup de téléphone, c'est ce dont on se rend compte aussi et je pense que le contact client reste important aujourd'hui et qu'ils se sentent un peu plus proches peut-être de nous et de la société et qu'un coup de téléphone bah parfois ça ne donne pas toutes les informations non plus. On ne peut pas montrer ce qu'on a envie de montrer avec un coup de téléphone, je ne peux pas expliquer l'anesthésie avec un coup de téléphone quoi.”*

L'absence de présence humaine pourrait limiter la compréhension et la transmission des informations : *“Parce que c'est assez difficile pour l'ensemble de notre spécialité de remplacer le contact humain direct. En fait le distanciel à un moment donné il a ses limites sur les questions qu'on souhaite poser, sur se rendre compte d'une situation en particulier par exemple.”* (Dr. Lee). Une partie de la qualité de la formation réside dans le contact physique qui est essentiel pour pouvoir montrer et manipuler les DM et surtout pouvoir intervenir rapidement en cas de difficulté : *“Je ne pourrais pas les corriger entre guillemets, je ne pourrais pas m'assurer que leur placement des mains est bon, je pourrais pas comprendre rapidement pourquoi ils n'y arrivent pas et moi je serais à des kilomètres à ne pas pouvoir les aider. [...] Donc ça peut être vraiment une grosse limite je trouve dans la formation à distance c'est le fait de trouver la solution immédiate sur les problèmes plutôt physiques, de manipulation en fait.”* (Mr. Tom).

À cela s'ajoute la notion de convivialité qui est présente lors des formations présentiels et à laquelle les personnes interrogées sont très attachées : *“Je pense qu'on ne crée pas le même contact avec l'utilisateur quand on n'est pas présent même si on peut se voir à travers une caméra. Il n'y a pas le côté chaleureux qu'il peut y avoir autour d'une formation ou pendant la pause on se retrouve autour d'un café et puis on discute*

*d'autres choses que ce qu'on est en train de faire.*" (Mme. Bree). De plus, le côté formel du distanciel renforce le sentiment d'éloignement : *"Je pense que le distanciel c'est plus formalisé déjà, c'est un truc un peu plus formel : on se met dans une pièce, on bouge pas, faut pas trop bouger parce que voilà, faut parler à tour de rôle enfin sur la forme c'est un peu moins confortable quand on doit avoir beaucoup d'échanges je trouve."* (Dr. Carlos).

## **b) Autres précautions**

Parmi les autres aspects auxquels il faut prêter attention, la contrainte budgétaire de la RV est mentionnée par une majorité des personnes interviewées. Pour les établissements de santé cela pourrait constituer un frein à l'acquisition de ce type de matériel : *"À mon avis c'est cher ouais déjà donc un premier inconvénient financier. Faut pas oublier quand même que pour les hôpitaux le budget c'est compliqué et je ne sais pas du coup si ça rentrerait dans le budget du service biomédical mais il y a quand même des budgets assez limités [...] si ça a un coût supplémentaire je ne pense pas que les hôpitaux assureraient l'investissement [...]"* (Mr. Tom). Du côté des entreprises de matériel médical, le prix est également un point à prendre en compte mais selon les propos de Mme. Edie l'investissement serait plus rentable que le coût d'un salarié : *"Après si on prend, je pense à mon avis, le temps de l'ingénieur d'application passé sur le site et dans sa voiture vs un casque de réalité virtuelle qui doit durer je suppose plusieurs années [...] je pense qu'un salarié coûte plus cher qu'un casque."*

Différentes contraintes techniques sont également évoquées. Pour le Dr. Mike la sensation produite par le matériel de RV doit être la même que la réalité pour s'entraîner à manipuler de la même façon : *"[...] c'est qu'il faut quand même avoir la sonde ou l'impression d'avoir la sonde. Il faut que ça soit la même chose que si on est sur le terrain, je dirais, parce que si vous avez un crayon bah vous avez l'habitude de tenir un crayon et si, quand vous arrivez avec le vrai échographe et que le crayon c'est pas un crayon mais quelque chose de 3 fois plus gros ben vous allez pas le manipuler pareil quoi."* Par ailleurs, il ajoute également le fait que la prise en main d'un matériel de RV peut prendre du temps et qu'il faut considérer cet aspect : *"Mais sinon bon, à part ça le matériel ça peut prendre du temps aussi ne serait-ce que comme je disais tout à l'heure, vous allez avoir 3 propositions, on va dire, et il faudra 3 matériels différents ou 3 logiciels différents qu'il faudra à chaque fois apprivoiser [...]"*. Enfin le Dr. Carlos souligne également la sensation d'inconfort que la RV procure lorsqu'elle est employée trop longtemps et qu'il faut donc prêter attention au temps d'utilisation : *"[...]quand je l'ai expérimentée faut pas en faire trop*

*longtemps non plus parce que ça fait mal au crâne [...] enfin moi je me souviens quand je me faisais 1h à 1h30 d'affilée, j'avais mal au crâne, ça fait mal aux yeux et voilà c'était pas très confortable alors maintenant j'imagine que c'est un peu mieux maintenant mais bon."*

La dernière contrainte mentionnée concerne la dégradation et l'hygiène du matériel de RV : *"C'est de la haute technologie donc j'imagine que si on met n'importe quel type de produit dessus bah ça risque de l'abîmer, ça risque de se casser bon nous il nous faut des choses qui ne cassent pas, qu'on puisse désinfecter facilement pour qu'on ne risque pas de transmettre des bactéries [...] je suis pas sûr que les casques de réalité virtuelle permettent de bien tout désinfecter partout sans prendre le risque d'abîmer le DM."* (Dr. Carlos). Dans le cadre de la formation ou du suivi utilisateur et non de matériel médical, la question se pose si le casque de RV sera accepté dans les lieux sensibles comme le bloc opératoire ou encore la réanimation : *"Et si oui est-ce qu'il a la possibilité d'être stérilisé, d'être protégé parce qu'on peut imaginer une espèce de charlotte pour casque de réalité virtuelle donc est ce qu'on a on doit mettre quelque chose pour protéger cette technologie, il peut y avoir une limite à ce niveau-là ouais. Il faut voir si c'est un appareil qui doit être certifié CE ou non et s'il peut être admis dans un bloc opératoire quoi ouais ça peut être une limite ouais."* (Mr. Tom).

## **C. La formation médicale de demain**

### **1. Des outils complémentaires, jamais exclusifs**

Les échanges avec les professionnels de santé ont révélé le besoin de repenser la formation médicale de demain. Ce besoin est d'abord marqué par la nécessité de proposer des outils adaptés aux générations pour augmenter l'engagement des apprenants : *"Je pense que la formation de demain doit répondre aux exigences générationnelles [...] parce que vous aurez plus d'écoute et plus de participation et d'investissement auprès de ces générations-là. [...]"* (Dr. Carlos). Les nouvelles générations attendent une formation rapide et appétente. Le côté formel de la formation tend à évoluer vers un aspect plus ludique pour capter plus l'attention des apprenants. *"[...] aujourd'hui la pédagogie faut qu'elle soit rapide, avec des résultats rapides sinon les personnes se détournent de la formation [...]. Et donc aujourd'hui on cherche plutôt des choses didactiques et moins formelles parce qu'il faut réussir à les amuser [...] en tout cas il faut quelque chose de plus ludique pour attirer et capter leur attention."* (Dr. Carlos).

La diversité des outils semble donc être un élément crucial de la formation médicale de demain : “[...] il faut que la formation elle soit continue avec des multi-outils, immersive et appétente aussi c’est-à-dire qu’il faut que les gens aient envie de se former [...] Et là justement les outils numériques et virtuels ont leur importance par rapport à ça. C’est vachement plus sympa de regarder une vidéo qui est bien faite plutôt que de prendre un bouquin de 700 pages sur l’échographie.” (Dr. Lee). Cette nécessité de varier les outils s’explique par le fait que les outils sont complémentaires et ne répondent pas aux mêmes objectifs et attentes.

Par exemple, les personnes interviewées qualifient la FAD d’outil adapté à l’apprentissage de la théorie et des connaissances comme le souligne le Dr. Bob : “Oui en première approche c’est bien en tout cas pour tout ce qui est connaissances c’est très très bien, pour tout ce qui est vraiment du cognitif pur donc les cours théoriques.”. Cette première approche théorique permet un gain de temps aussi bien pour les apprenants que pour les formateurs car elle permet de réduire le temps passé en formation présentielle : “Après pour les avantages je dirais que ça peut permettre un grand gain de temps pour les formateurs et toutes les personnes qui vont intervenir après dans le sens où il y aura déjà une bonne connaissance de la machine avant même d’avoir réalisé l’intervention. Et limite l’ingénieur d’application pourra même être encore plus technique[...] et renforcer son appui vis-à-vis des utilisateurs.” (Mme. Bree). C’est ce que les propos du Dr. Lee confirment en précisant que le rôle de la formation présentielle est d’être ciblé sur les points plus complexes et que les choses basiques doivent être assimilées préalablement : “[...] le rôle de la formation directe c’est de s’attarder sur les choses critiques, sur les choses complexes, sur les choses où faut justement le rapport humain, les questions immédiates, les réponses et la fluidité du rapport pour que ce soit efficace et le comment allumer l’appareil, comment choisir une sonde etc tout ça ça si ça peut être fait autrement on l’évacue et on se concentre sur le coeur du sujet, c’est ça l’idée un petit peu.”.

En revanche, pour les compétences qu’elles soient techniques ou non techniques, la manipulation est indispensable. Cette manipulation se fait au lit du patient ou par simulation physique ou virtuelle et nécessite à un moment donné un accompagnement humain. C’est ce que le Dr. Bob explique dans ses propos : “Parce que les compétences techniques c’est compliqué de les obtenir uniquement en faisant de la formation sur un écran puis voilà il faut être guidé enfin en tout cas l’échographie c’est difficile à obtenir comme compétences et les autres compétences techniques que ça soit des compétences

*chirurgicales, de pose de cathéter ou de choses comme ça ça reste des compétences pour lesquelles il faut faire de la pratique.”.*

C'est que pensent aussi les IA concernant les DM. Les manipulations les plus importantes doivent être réalisées en présentiel. En revanche, la FAD est plus appropriée aux formations d'accompagnement pour complexifier l'apprentissage une fois que l'essentiel est maîtrisé : *“Après je pense que l'idéal parce que t'as quand même une présentation physique du matériel à faire en premier c'est-à-dire en formation de premier niveau [...] Et je pense que les formations à distance elles peuvent être top pour les formations finales [...] pour s'assurer qu'il n'y ait pas des parties non comprises ou alors même peut-être pour pousser la chose un peu plus loin et pour montrer des spécificités.”* (Mr. Tom).

Finalement, les différents avis montrent que l'articulation des outils semblerait être une solution pour une formation efficace : *“Il y a probablement une articulation à trouver entre les cours traditionnels de base fondamentale, de théorie [...] et des séances de simulation, des séances d'e-learning.”* (Dr. Lee).

## **2. Quel positionnement de la réalité virtuelle ?**

*“Mais après dans le milieu de la santé je trouve que c'est encore un peu balbutiant. Je ne suis pas sûr qu'on ait bien trouver où est la place de la réalité virtuelle. [...] J'ai encore du mal à percevoir la niche parce que pour moi ça reste encore une niche dans le milieu de la santé.”*(Dr. Carlos).

Si tous les avis concordent sur le fait que la maîtrise des compétences s'obtient par la manipulation, en revanche des divergences existent quant à l'utilisation de la RV. Selon les interviewés, tout ne se prête pas à la RV et la meilleure façon de l'exploiter n'est pas clairement définie. Les différences résident dans l'apport de la RV selon la complexité de l'apprentissage.

D'un côté, pour certain la RV est plus propice à l'apprentissage complexe où l'aspect immersif apporte une réelle plus-value par rapport à un apprentissage simple qui ne nécessite pas d'immersion : *“Oui bien sûr mais je pense encore une fois qu'il faut graduer la complexité des l'apprentissages auxquels on s'adresse. C'est-à-dire qu'un apprentissage simple par exemple la sélection d'une sonde pour moi ça c'est quelque chose d'enfantin. Par contre, mettre de la réalité virtuelle je pense que ça va avoir une*

*plus-value sur un apprentissage complexe.” (Dr. Lee). Selon les propos de Mme. Edie, l’intérêt de la RV réside dans la répétition des gestes et de la manipulation : “En chirurgie je le vois vraiment bien, en anesthésie aussi pour les choses additionnelles [...] Mais c’est juste vraiment pour le petit monitoring comme nous où c’est vraiment un oxymètre et un tensiomètre et c’est trop court... enfin l’explication est facile quoi, il y en a besoin que d’une quoi et il n’y a pas besoin de répétition derrière et je vois plus l’utilisation de la réalité virtuelle quand on a besoin peut-être de répétitions et de manipuler vraiment d’apprendre à manipuler.”.*

Alors que pour d’autres, l’utilisation de la RV dépend de la nécessité de montrer comme le précise Mr. Tom : “Après au niveau d’autres dispositifs médicaux j’en ai pas en tête mais je pense vraiment que ça peut fluctuer en fonction de la nécessité ou pas de montrer. En fait plus il y a de choses à montrer plus c’est limité enfin au début en tout cas. Mais c’est vrai que pour les formations poussées ou formations continues, de suivi ça peut être plus propice.”. Dans ces conditions, la RV est plus appropriée quand le niveau de complexité du matériel médical est moindre. Par exemple, le monitoring qui ne semblait pas être adapté pour Mme. Edie, l’est totalement pour Mme. Bree : “Après je pense qu’il y a aussi des gros dispositifs qui sont très critiques. Je pense par exemple à des stations d’anesthésie, à des IRM et là je pense que la réalité virtuelle peut avoir un premier abord mais il faudra forcément qu’une personne intervienne parce que derrière il y a des gros enjeux avec de la grosse prise en main etc donc je pense que c’est indispensable que quelqu’un intervienne pour ce genre de gros dispositif. Donc je pense que c’est plus adapté à du petit appareillage et pas adapté à du stérile ou du gros matériel et je pense que ça peut aussi être qu’une prise en main pour les appareillages critiques et après il faudra l’intervention de quelqu’un.”.

Finalement, il s’agit pour chaque spécialité médicale et DM de réfléchir quant au meilleur positionnement de la RV : “Toutes alors je peux pas dire car je suis loin de connaître toutes les pratiques médicales et chirurgicales mais je pense que chaque discipline pourra avoir une réflexion pour savoir ce que ça pourra leur apporter.” (Dr. Carlos).

## D. L'ingénieur d'application : un métier à forte évolution

Les échanges avec les IA ont fait ressortir une tendance à la restructuration organisationnelle des sociétés de DM dans le but de limiter les coûts.

Le premier constat est que le métier d'IA tend à s'orienter et fusionner avec le métier de commercial. À ce jour, ils travaillent en binôme et chacun intervient à différents moments dans le processus de vente. Cependant les sociétés souhaitent de plus en plus embaucher des personnes capables de tenir les deux rôles. Selon, les propos de Mme. Bree, dans la réalité l'IA a déjà plus ou moins cette double casquette : *“Et pourquoi pas à terme que l'ingénieur d'application fasse le rôle de commercial et d'ingénieur d'application puisque c'est déjà plus ou moins le cas actuellement mais il y a pas toutes les valorisations qu'il y a autour d'un commercial. Or le commercial aujourd'hui ben il va juste intervenir sur les avant-ventes et l'ingénieur d'application va faire tout ce qu'il y a autour alors qu'en fait tout pourrait être réuni en un seul métier.”*

Cette tendance à évoluer vers le métier de commercial est également confirmée par les autres IA interrogés. Par ailleurs, Mme. Edie précise les changements organisationnels que cela engendrerait. Les IA pourraient se concentrer davantage sur les démonstrations et les formations initiales tandis que de nouveaux outils permettront d'assurer les formations de suivi, qui comme évoquées précédemment dans l'analyse, posent des difficultés : *“Et donc dans ce cas-là comme je disais tout à l'heure le SAV et les formations vont peut être avoir tendance à diminuer donc je pense qu'il y aura forcément soit des outils qui vont venir aider, soit des nouvelles personnes qui vont faire que le SAV et la formation mais la formation de suivi peut-être et pas les formations de démonstration [...] qui sont plus importantes.”* (Mme. Edie).

Le deuxième constat est donc le besoin de développer de nouveaux outils de l'IA et notamment d'outils de FAD. Les échanges ont révélé la volonté de réduire les coûts, optimiser le temps de travail et limiter les déplacements : *“Bon sinon le métier d'ingénieur d'application du futur je pense que oui de plus en plus il y aura des outils de formation à distance, des logiciels alors est-ce que ce sera de la réalité virtuelle tout de suite non je pense pas. Mais de plus en plus quand même on essaie d'éviter les déplacements inutiles déjà pour un souci d'organisation de temps de travail mais aussi de réduction des gaz à effet de serre parce que ça ne sert à rien de faire 2h de voiture pour 5 min de réglage. Je pense que de plus en plus on va développer des logiciels de support à distance ou de*

*formation à distance et déjà rien que l'appel téléphonique de base même sans visio, sans rien c'est déjà un premier support à distance.” (Mr. Tom). Les attentes des IA se tournent de plus en plus vers des outils technologiques permettant plus d'efficacité : “[...] mais en tout cas le fait de fonctionner avec des technologies ça permet aussi d'être reproductible, ça permet d'être objectif et c'est ça aussi les termes qu'on entend maintenant. [...] on cherche de toute façon à être plus efficaces. Et aujourd'hui quand on passe 6h sur la route dans la même journée bah je suis pas sûre qu'on soit très efficace.” (Mme. Edie).*

Enfin, le dernier constat est donc la tendance à limiter les déplacements des IA : *“Donc je pense qu'on va avoir tendance à moins se déplacer et à être peut-être un peu plus chez nous pour pouvoir former plus de personnes à la fois donc d'une certaine manière, je sais pas encore laquelle, mais ils vont trouver ça ouais. Ils vont trouver une manière de se connecter un peu plus. On leur fait gagner du temps mais si nous on gagne pas de temps heu il y a un moment où on est plus en rapport avec ce qu'on essaie de vendre.” (Mme. Edie). C'est ce que les propos de Mme. Bree confirment également : “Je pense qu'il faut éviter dans la limite du raisonnable les déplacements dans le sens où on n'est pas des routiers. [...] C'est pas on court partout et tant pis non le but c'est de satisfaire un maximum de clients rapidement donc en proposant d'autres solutions.” L'idée est de trouver des solutions qui permettent de satisfaire tout le monde : “Donc quelque chose qui s'adapte vraiment aux 2 parties, une solution qui satisfait les 2 côtés. Côté entreprise ben gain de temps, gain d'argent et de l'autre côté pour les utilisateurs ben leur faire quelque chose de personnalisé et de s'adapter à eux pour qu'ils se sentent encore plus valorisés.” (Mme. Bree).*

## IV. Synthèse des résultats

L'analyse a permis de répondre aux trois objectifs de l'étude de terrain précédemment évoqués.

D'abord, elle confirme la revue de littérature et notamment la nécessité de repenser la formation médicale traditionnelle pour l'adapter aux objectifs pédagogiques et exigences générationnelles. Pour cela, elle doit tirer parti de l'apport de la FAD qui offre flexibilité et gain de temps mais également de la RV qui permet l'apprentissage par l'expérience. Les témoignages des sujets amènent des éléments concrets qui permettent d'affirmer qu'ils seraient prêts à les intégrer dans leurs pratiques quotidiennes.

Ensuite, l'analyse a permis d'enrichir la littérature au sujet du métier d'IA en apportant des réponses aux questions précédemment soulevées. Elle a notamment fait ressortir qu'il existe différents niveaux de formation aux enjeux distincts.

La formation initiale dite de premier niveau pour laquelle les IA consacrent la plus grande partie de leur temps. Elle se compose d'une partie théorique qui est une explication des fonctionnalités et d'une partie pratique de manipulation du DM. En raison du temps limité des médecins, les IA ne parviennent pas toujours à optimiser ces formations. Ils ont alors indiqué la nécessité de rentabiliser ce temps et de limiter les déplacements inutiles.

La formation d'accompagnement pour laquelle les IA consacrent moins de temps et ne parviennent pas à assurer un suivi régulier. Dès lors, les formations ne sont pas réitérées et les connaissances ne sont pas toujours pérennisées. Finalement, les utilisateurs n'apprennent pas forcément à exploiter toutes les fonctionnalités du DM et n'ont pas de feedback sur leur maîtrise de celui-ci.

Enfin, la corrélation entre les éléments issus de la revue de littérature et ceux issus de l'analyse permet d'apporter des axes de réflexion à la problématique de ce mémoire :

**Dans quelles mesures le VD-learning pourrait devenir un outil pertinent de l'ingénieur d'application dans la formation à distance des professionnels de santé aux dispositifs médicaux ?**

## Partie III - Recommandations

L'ensemble du travail mené tout au long de ce mémoire a permis de répondre aux questions soulevées à l'issue de la revue de littérature. En considérant l'ensemble des éléments issus des recherches et de l'analyse, il est à présent possible de mettre en place des recommandations visant à intégrer le VD-learning dans la formation des professionnels de santé.

### I. Recommandations pour les entreprises de dispositifs médicaux et les ingénieurs d'application

#### A. Plan d'action pour optimiser la formation, limiter les déplacements et rentabiliser le temps

Dans cette partie, il s'agira de proposer un plan d'action visant à optimiser la formation, limiter les déplacements et rentabiliser le temps de travail des IA. Il se décompose de la façon suivante :

- Conserver le présentiel pour les formations initiales
- Utiliser la FAD pour préparer les formations initiales
- Intégrer le VD-learning dans la formation d'accompagnement

##### 1. Conserver le présentiel pour les formations initiales

Les outils numériques éducatifs de FAD constituent une perspective intéressante pour le processus d'apprentissage et leur émergence est un levier pour repenser la formation médicale. Pour les sociétés de DM, ils constituent un moyen de réduire les coûts liés aux déplacements des IA et de faciliter l'optimisation du travail. Cependant, il ne faut pas tomber dans le piège d'une formation exclusivement numérique sans présence humaine. En considérant la revue de littérature, ces outils doivent être perçus comme une aide mais ne doivent pas remplacer totalement le formateur. C'est ce que confirme l'analyse qui a montré la nécessité pour les personnes interrogées de conserver le lien entre IA et professionnels de santé.

En effet, la majeure partie de la formation initiale repose sur la manipulation des DM. L'IA commence par une démonstration des différentes fonctionnalités du DM en effectuant toutes les manipulations et expliquant chaque geste qu'il réalise. Ensuite, cette

démonstration est suivie d'une mise en pratique par les cliniciens qui doivent reproduire ce qui leur a été montré. Durant cette phase, l'IA peut s'assurer de leur bonne compréhension et de l'application correcte des bonnes pratiques. De plus, en cas de divers problèmes, conflits ou manque de compréhension, il est plus facile d'intervenir en échangeant de vive voix que par des outils de communication en distanciel. Par ailleurs, cette présence et implication de l'IA permet de créer et maintenir une relation de confiance entre la société de DM et les différents utilisateurs. Il est plus difficile de concevoir ou d'entretenir cette relation uniquement via la FAD, même si pour certains cela n'est pas impossible.

Par conséquent, faire disparaître la formation présentielle serait une erreur pour les entreprises de DM. Pour optimiser la formation, il faut trouver le meilleur compromis en intégrant pas à pas et de façon adaptée la FAD au sein de la relation entre l'IA et les utilisateurs. Les solutions qui vont suivre présentent la façon dont les sociétés de DM peuvent introduire de plus en plus la FAD par le biais de différents outils et notamment la RV (VD-learning) tout en répondant aux attentes des professionnels de santé et des IA.

## **2. La FAD pour préparer les formations initiales et pour le dépannage**

### **a) Préparer l'intervention de l'ingénieur d'application**

Au cours des entretiens les IA ont évoqué ne pas disposer ou alors que très peu de supports techniques et cliniques des DM pour les utilisateurs. Dès lors, la formation des professionnels de santé repose majoritairement sur la présence de l'IA et la manipulation des DM. Cela explique la durée souvent trop longue des formations présentielles car l'IA doit prendre le temps d'expliquer tous les éléments du DM en commençant par les fonctionnalités de base pour finir sur les fonctionnalités plus complexes.

Or comme vu dans la littérature et confirmé par les entretiens, le temps de formation, aussi bien pour les professionnels de santé que pour les IA, est précieux. D'un côté, pour les cliniciens il est difficile de se dégager du temps de formation et lorsqu'ils y arrivent ils attendent une formation présentielle rapide qui va droit au but et qui est adaptée à ce qu'ils attendent en termes d'information. De l'autre côté, pour les IA il s'agit de trouver un moyen d'optimiser leurs formations pour qu'elles soient efficaces et que le temps passé avec les utilisateurs soit rentabilisé.

La durée de la formation présentielle et le temps généralement limité des utilisateurs font que tous les aspects de la formation ne peuvent pas être abordés et

notamment la mise en pratique des connaissances par les utilisateurs. L'idée est donc de préparer en amont l'intervention de l'IA en mettant à disposition des utilisateurs des outils de FAD qui permettront une première prise en main des DM. Comme l'ont confirmé les entretiens, ces outils sont particulièrement adaptés pour le cognitif c'est-à-dire toutes les connaissances théoriques qui n'ont pas besoin d'explication détaillée et qui ne nécessite pas de manipulation.

Les sociétés de DM doivent mettre en place des supports de FAD autres que les manuels utilisateurs non adaptés du fait du manque de pertinence des informations et de la difficulté de les retrouver rapidement. De plus, les supports doivent être intuitifs, visuels, clairs et précis pour ne pas décourager les professionnels de santé à les utiliser. Il s'agira donc de vidéos courtes et dynamiques de 5 à 10 min et de documentations (fiches simplifiées) de deux pages maximum comprenant les informations essentielles à l'utilisation des DM. Proposer deux types de supports permettra aux utilisateurs de choisir l'outil de FAD qui leur convient le mieux et qui s'intègre le plus dans leur quotidien.

Par exemple, dans le cadre d'une formation pour un échographe, les supports permettront d'expliquer préalablement les étapes et fonctionnalités nécessaires pour démarrer un examen tels que : allumer, éteindre et mettre en veille le système ; créer un examen patient et terminer l'examen ; sélectionner une sonde et les modes d'imagerie ; utiliser les paramètres de bases pour optimiser l'image (voir illustration ci-dessous).

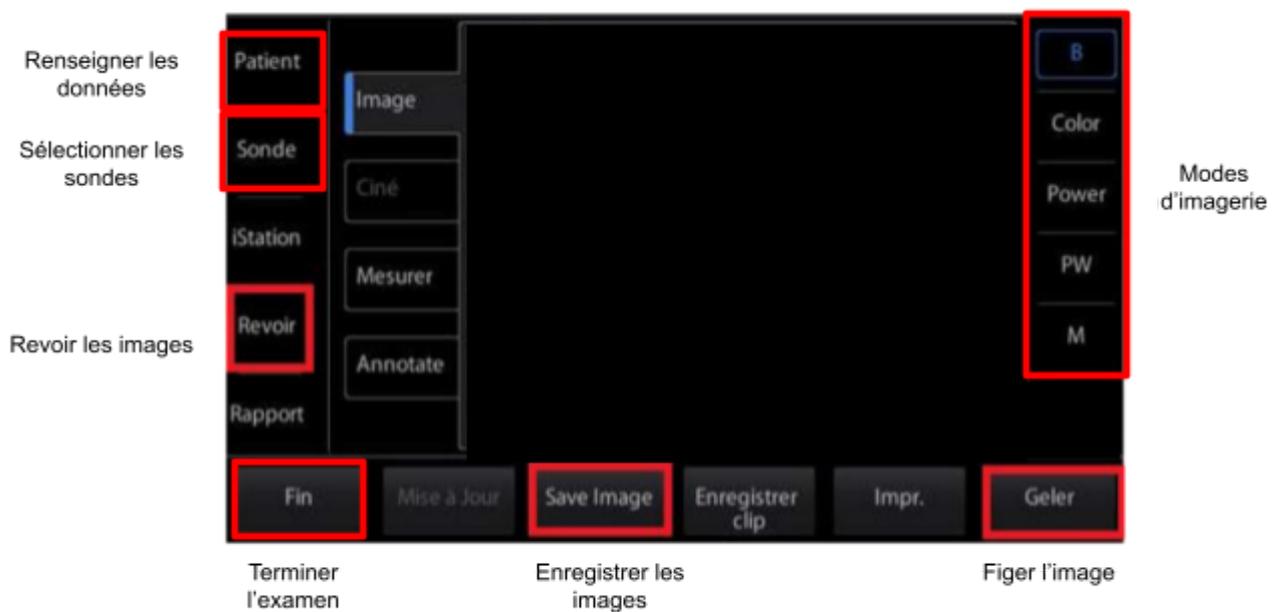


Figure 11 : Exemple d'un élément figurant sur une fiche simplifiée

L'intérêt est que les médecins pourront visionner et consulter autant de fois qu'ils le veulent les supports afin d'acquérir les connaissances fondamentales sur les DM avant l'arrivée de l'IA. Ils auront donc une première approche du DM et seront donc déjà engagés dans le processus de formation. Cette solution se décline en deux objectifs qui vont permettre d'optimiser les formations faites par les IA.

### **1) Identifier les besoins de formation**

Dans un premier temps, cette préparation préalable permettra d'identifier les personnes souhaitant ou non une formation plus approfondie. En effet, tous les utilisateurs n'ont pas les mêmes exigences et attentes en termes de formation. Certains se contentent de connaître les fonctionnalités de base pour utiliser le DM et dans ce cas les supports de FAD sont adaptés et sont suffisants. Alors que d'autres attendent une formation plus détaillée et spécifique pour pouvoir exploiter intégralement le DM. Déterminer ces besoins de formation permettra aux IA d'anticiper le nombre d'utilisateurs qui souhaitent bénéficier de leur expertise mais aussi de prévoir, avec les cadres de santé, des interventions les jours où ils seront présents dans le service. Cela évitera à l'IA de bloquer plusieurs jours dans un même service ou alors d'intervenir lorsqu'une majorité d'utilisateurs ne souhaitant pas être dérangés sont présents. En concentrant un maximum de professionnels de santé intéressés sur les mêmes jours de formations, cela permettra aux IA d'optimiser leur travail et de ne pas perdre de temps.

### **2) Effectuer des formations spécifiques et réduire la durée de formation**

Dans un deuxième temps, les fonctionnalités de base des DM étant préalablement assimilées, le jour où l'IA intervient, il pourra aller directement à l'essentiel et répondre aux différentes questions que les utilisateurs pourraient avoir en consultant les supports de FAD. Le temps passé en formation présentielle sera rentabilisé en abordant des sujets cliniques pertinents. Comme le Dr. Lee a pu l'expliquer, les outils de FAD doivent permettre d'évacuer les points ne nécessitant pas d'explication détaillée pour que la formation présentielle puisse s'attarder sur les points complexes et critiques pour lesquels la présence humaine permet de répondre rapidement aux questions.

Par exemple, dans le cadre de l'échographe, sélectionner une sonde aura été assimilé préalablement ce qui permettra à l'IA de s'assurer de la bonne compréhension des utilisateurs sans perdre de temps à reprendre les choses basiques. Il pourra également pour ceux qui le souhaitent se concentrer sur les points techniques plus

importants comme les paramètres d'optimisation d'image mais également clinique en accompagnant les utilisateurs dans la manipulation des DM sur patients. L'IA pourra exercer pleinement son rôle en apportant son expertise technique et clinique mais aussi en conseillant les professionnels de santé.

De ce fait, l'IA réalisera des formations beaucoup plus spécifiques, adaptées aux attentes mais également plus courtes. Par conséquent le temps passé en formation présentielle sera réduit ce qui permettra de l'intégrer plus facilement dans l'emploi du temps des utilisateurs généralement bousculés par des imprévus de planning.

### **b) Assurer le suivi à distance**

Le rôle de l'IA est également d'assurer le suivi des utilisateurs qui comprend principalement la résolution de problèmes qu'ils peuvent rencontrer au niveau des DM après la formation. Actuellement et comme vu dans l'analyse, les IA priorisent les déplacements car cela a toujours été la norme. Cependant, ils ont évoqué être conscients de se déplacer beaucoup trop souvent et que cela n'est pas toujours rentable. En effet, il est très fréquent de faire deux heures de route aller-retour pour des interventions courtes comme cinq minutes de réglages sur un système alors que cela aurait pu être fait à distance. De plus, lorsque l'IA intervient les utilisateurs dans le besoin ne sont pas toujours présents en raison des créneaux horaires incompatibles ce qui rend la réalisation du suivi encore plus difficile.

Comme pour la formation initiale, les sociétés de DM doivent introduire la FAD dans le suivi des utilisateurs. Il faut faire évoluer la méthode traditionnelle, qui consiste à se déplacer pour chaque demande, en priorisant les besoins des utilisateurs et en intégrant le suivi à distance. Les solutions suivantes constituent un moyen d'optimiser le temps consacré au suivi pour pouvoir se concentrer davantage sur les démonstrations et formations initiales qui sont plus importantes.

Les IA interrogés ont évoqué introduire de plus en plus le suivi à distance avec notamment le suivi téléphonique pour rentabiliser le temps passé sur la route. Une autre méthode bien connue est l'échange par mail où il s'agit tout simplement de répondre à distance aux questions des utilisateurs plutôt que d'intervenir physiquement. De plus, d'autres moyens de FAD doivent être mis en place car, comme pour la formation initiale, il n'existe pas de support utilisateur pour le suivi. L'obtention d'information sur les DM repose donc majoritairement sur la sollicitation de l'IA ce qui explique sa difficulté à

satisfaire toutes les demandes. Par conséquent, il est intéressant de mettre en place des supports spécifiques décrivant les problèmes les plus rencontrés lors des suivis ainsi que les procédures de résolutions associées. Celles-ci peuvent être des vidéos courtes (5 min) ou des fiches numériques simplifiées sous forme d’algorithme avec les différentes étapes à suivre.

Par exemple, dans le cadre d’un échographe une procédure visant à régler le problème de stockage du système se présentera de la façon suivante :

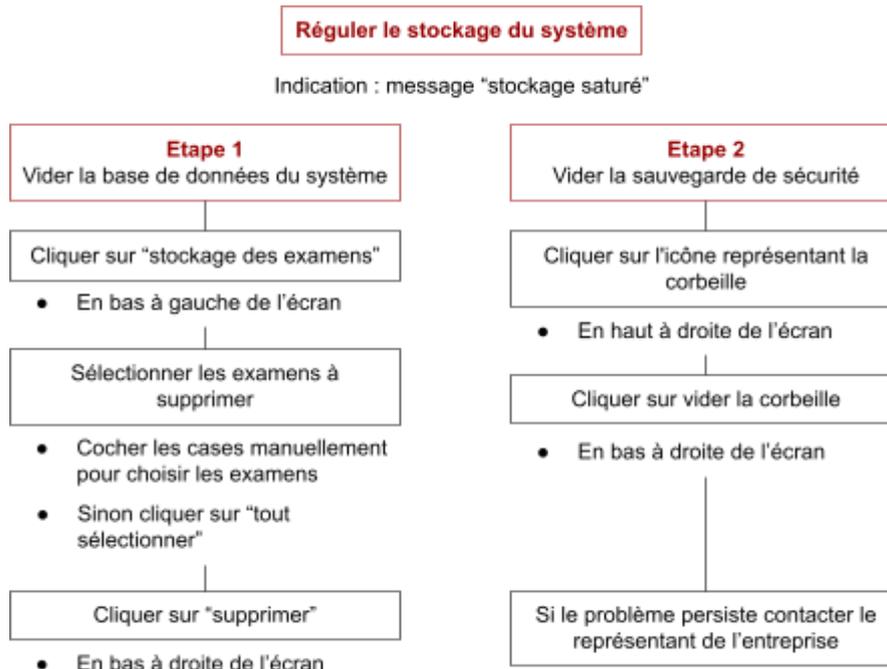


Figure 12 : Exemple d’une procédure de résolution de problème

Par ailleurs, les sociétés de DM doivent mettre à disposition des IA des logiciels interactifs représentant chaque interface des systèmes dont il est responsable. En effet, une des difficultés pour l’IA est de guider les utilisateurs à distance sans avoir le système devant lui pour pouvoir indiquer correctement où se trouve les différents éléments. Bien qu’il connaisse ses produits, la diversité des fonctionnalités et interfaces fait qu’il est parfois compliqué de s’en rappeler. Au travers de ce logiciel, l’IA pourra visualiser toutes les commandes et boutons du système mais également entrer dans chaque menu. Il aura alors sous les yeux la même interface que l’utilisateur et pourra le guider à distance plus facilement. Cette idée est mentionnée par Mr. Tom qui explique que ce type de logiciels existe et qu’ils doivent être généralisés pour tous les IA car ils s’avèrent être très utiles.

Finalement, ces moyens de support à distance sont indispensables pour gagner du temps mais présentent des limites car par téléphone ou au travers de mails il peut être difficile de comprendre précisément les attentes des utilisateurs ou d'expliquer les différentes solutions. Néanmoins, le suivi à distance doit devenir un outil récurrent de FAD pour les IA car il constitue une alternative de premier recours pour tenter de résoudre les difficultés des professionnels de santé tout en limitant les déplacements. Les IA doivent sensibiliser davantage les utilisateurs à privilégier l'aide à distance par téléphone et la consultation des supports techniques avant de solliciter une intervention physique.

### **3. Le VD-learning (RV) pour les formations d'accompagnement (finales)**

En corrélant les divers avis des entretiens, la RV sera un outil pertinent de l'IA dans le cadre des formations d'accompagnements qui ont lieu lors des phases de suivi. Pour rappel, les IA consacrent la majorité de leur temps sur les formations initiales. Par conséquent, ils rencontrent des difficultés à réaliser le suivi des utilisateurs qui est essentiel pour s'assurer que l'ensemble des informations a été assimilé et compris pour pouvoir utiliser correctement le DM. Par ailleurs, l'objectif du suivi est également d'accompagner les utilisateurs dans une utilisation plus poussée et plus approfondie du DM.

L'idée est de pérenniser les connaissances en proposant une formation interactive par la simulation en RV. La RV procure un apprentissage par l'expérience plus riche que les supports de FAD. Elle est la solution la plus efficace pour suppléer l'IA car elle permettra au travers de scénarios construits autour des DM d'accompagner les utilisateurs dans le maintien des connaissances ou l'acquisition de nouvelles compétences.

Il s'agira d'immerger les médecins dans des situations plus ou moins urgentes mais aussi normales ou anormales pour étudier leur comportement. L'intelligence artificielle permettra de reproduire au plus proche du réel les interactions avec les DM et les patients virtuels en prenant en compte les éléments cliniques et les paramètres physiologiques. De plus, les scénarios incluront une équipe médicale dont l'action pourra également conditionner l'évolution de la situation.

Par exemple, un anesthésiste pourra s'entraîner à manipuler le moniteur de surveillance des constantes vitales du patient lors de la chirurgie. Selon les actions du chirurgien et les paramètres physiologiques du patient, les anesthésistes augmentent ou diminuent les doses de sédation. Il sera donc possible d'imaginer une situation d'urgence

dans laquelle le chirurgien réalise une stimulation physique intense qui entraîne un réveil prématuré du patient. Dans ce cas, l'anesthésiste devra augmenter la sédation tout en apprenant à interpréter les indicateurs cliniques du moniteur pour maintenir un état stable du patient.

Pour développer ces scénarios les sociétés de DM doivent collaborer avec une entreprise spécialisée dans la conception de logiciel et de matériel de RV adapté au milieu médical. Par exemple, il existe l'entreprise anglaise OMS (Oxford Medical Simulation) ou l'entreprise française Octarina qui offrent leur expertise pour concevoir des formations médicales. Les sociétés de DM devront fournir un modèle 3D de leur matériel médical et élaborer une liste détaillée des fonctionnalités et interactions afin que les experts puissent proposer des solutions pour réaliser le projet.

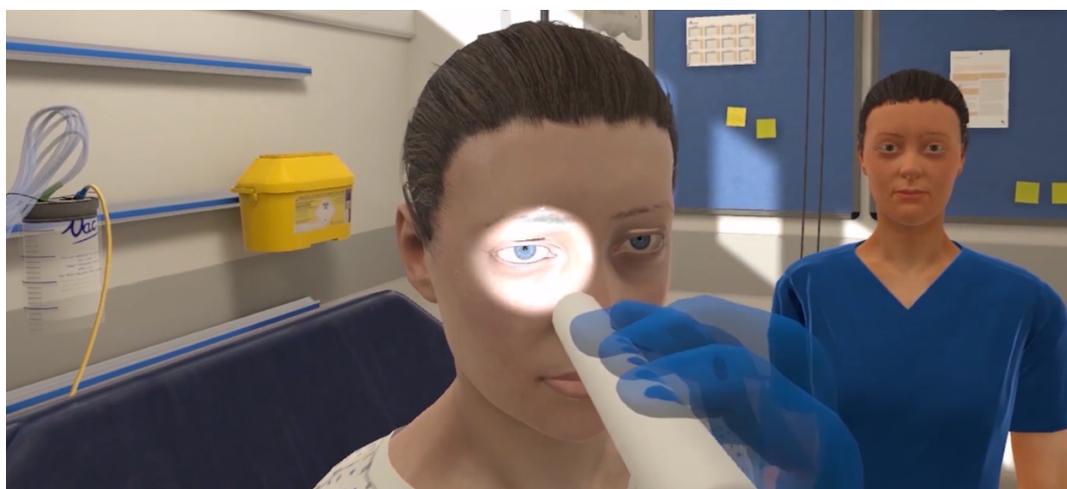


Figure 13 : Extrait d'un scénario de RV de la société OMS [34]

Par ailleurs, il sera également intéressant d'inclure dans le projet des médecins et notamment les KOL (Key Opinion Leader) qui pourront donner leur avis sur les scénarios de RV. Principaux concernés, ils pourront expliciter les attentes des professionnels de santé quant à l'apprentissage des DM pour pouvoir développer un outil de formation pertinent qui répond aux objectifs pédagogiques. Par ailleurs, ils pourront être les premiers à tester les scénarios de RV pour ajuster les éléments avant de les utiliser officiellement en tant qu'outil de formation.

Il est judicieux pour les sociétés de proposer des formations RV mais comme pour les autres solutions l'IA ne doit pas compter exclusivement sur le VD-learning pour les formations d'accompagnement. Néanmoins, c'est une façon d'entretenir les connaissances en attendant de pouvoir organiser de manière optimale, et si les utilisateurs en ont le besoin, des formations présentiels.

## B. Mise en place de la réalité virtuelle : exemple d'une plateforme de VD-learning

Afin de mettre en place le plan d'action, il faut à présent élaborer un système qui permettra d'intégrer la FAD et le VD-learning dans le quotidien des IA. Pour cela je propose la plateforme de formation nommée Health Formation Cloud (HFC).

### 1. Description de Health Formation Cloud

Cette plateforme HFC de formation en ligne sera du même type que Moodle, la plateforme universitaire de gestion d'apprentissage (Learning Management Systems ou LMS). Elle regroupera l'ensemble des outils de FAD et de VD-learning, décrits dans le plan d'action, au sein d'un même système afin d'être facilement accessibles pour les IA et les professionnels de santé. En effet, il ne faut pas que cette multitude d'outils deviennent une contrainte pouvant décourager les gens à les utiliser.

Au sein de cette plateforme, il sera donc possible de retrouver trois onglet principaux :

- Un onglet "Formation Initiale" regroupant les vidéos et fiches de présentation des DM pour préparer l'intervention de l'IA
- Un onglet "Informations" regroupant les supports de suivi à distance, à savoir les procédures pour les utilisateurs et logiciel de simulation de DM pour les IA
- Un onglet "Formation Supplémentaire" regroupant les scénarios de RV de mises en situations cliniques pour les formations d'accompagnement

A l'instar de Moodle, des codes utilisateurs seront nécessaires pour accéder à la plateforme. Les professionnels de santé auront un accès en mode lecture. Tandis que les IA auront un accès en mode administrateur. Ils pourront ainsi mettre à jour les formations, en ajouter et consulter certaines données des utilisateurs pour faire des suivis.

Les sociétés de DM auront des casques de RV (ainsi que les accessoires associés) qu'elles pourront répartir entre les différents pays et secteurs de travail. Par exemple, une société pourra attribuer 12 casques pour la France répartis entre les IA soit deux pour chaque secteur : le Nord, l'Ouest, l'Est, le Centre, le Sud-Est et le Sud-Ouest. Du côté des hôpitaux, le nombre de casques sera déterminé selon la demande des services souhaitant utiliser la RV.

## 2. Fonctionnalités

### a) Cloud

La plateforme HFC sera sous forme d'un service dans le cloud pour regrouper l'ensemble des formations et scénarios de RV. De cette façon, les utilisateurs auront accès au service à n'importe quel moment et de n'importe quel appareil. En fonctionnant par cloud, la formation pourra être mise à disposition en mode SPOC (Small Private Online Course) c'est-à-dire en MOOC payant (Massive Open Online Course). La différence est que l'accès à cette plateforme sera payante alors que l'accès au MOOC est généralement gratuit. De plus, le SPOC est réservé à un public spécialisé dans son domaine [60]. Les utilisateurs auront un accès illimité aux formations concernant les DM qu'ils auront achetés. Des centaines voire des milliers d'utilisateurs pourront se former quand ils le souhaitent et autant de fois qu'ils le veulent.

L'intérêt d'HFC est de pouvoir accéder au fur et à mesure à de nouvelles formations en cas d'achat d'autres DM de la société. Pour cela, des clés numériques seront communiquées aux utilisateurs pour accéder aux formations puis ils pourront s'inscrire à celles qui concernent leurs pratiques médicales et les intéressent. Par exemple, si une société de DM commercialise des échographes et des respirateurs pour l'anesthésie mais que l'hôpital achète uniquement l'échographe alors les utilisateurs auront la clé dédiée uniquement aux formations de ce matériel. Les utilisateurs s'inscriront aux cours sur les thèmes d'anesthésie mais s'ils le souhaitent ils pourront également s'inscrire à ceux de gynécologie, vasculaire ou autres spécialités d'échographie.

### b) Messagerie centralisée et visioconférences

HFC intégrera un système de messagerie qui prendra la forme :

- De message privé entre médecins et IA pour une communication directe et plus facilitée. Ainsi, grâce à la messagerie, les professionnels de santé pourront rapidement exprimer leurs attentes et poser leurs questions sans avoir besoin de passer par quelqu'un d'autre (cadre de service, ateliers biomédicaux...). Du côté des IA, cela permettra également de centraliser les questions liées aux formations et de s'assurer de répondre directement aux utilisateurs concernés.

- Des forums dans lesquels les médecins pourront échanger entre eux sur leurs pratiques médicales et aussi collaborer pour résoudre les cas cliniques des scénarios de RV.

Un système de visioconférences sera également directement intégré à la plateforme pour que les IA et médecins puissent échanger plus facilement et de manière plus conviviale que par téléphone ou mail. Les fonctionnalités de bases seront présentes telles que le partage d'écran et de documents, le bouton de prise de parole ou encore le chat afin de simplifier la transmission d'informations. Par exemple, si un médecin ne trouve pas une fonctionnalité, l'IA pourra partager sur son écran l'interface du DM pour montrer directement où elle se trouve.

### **c) Formations en RV individuelles ou collaboratives**

Au travers de cette plateforme HFC, les médecins pourront réaliser des formations de VD-learning (RV) de type synchrone et asynchrone, chacune pouvant être individuelle ou collaborative. Le principe consiste à laisser le choix aux apprenants du type de formation qu'ils souhaitent. Comme expliqué précédemment, tous n'ont pas les mêmes attentes en termes de formation. Par conséquent, certains voudront être autonomes et gérer seuls le processus de formation tandis que d'autres voudront être accompagnés.

Concernant la FAD asynchrone, les médecins pourront se connecter à la plateforme 24h/24 et 7j/7 afin de suivre les formations RV auxquelles ils ont accès. Ils pourront donc se former de manière totalement autonome sans la sollicitation de l'IA. Ils pourront poser des questions via la messagerie privée (l'IA pourra y répondre ultérieurement) ou via les forums pour solliciter les avis des autres utilisateurs.

Concernant la FAD synchrone, les utilisateurs pourront demander des séances à distance en présence de l'IA. Dans ce cas, les médecins et l'IA seront connectés grâce aux casques de RV sur le même scénario de RV afin que l'IA puisse répondre directement à leurs questions et les accompagner dans la résolution des cas cliniques et la manipulation des DM. Pour cela, les séances devront être réservées à l'avance en sélectionnant sur un calendrier les créneaux disponibles que l'IA aura proposés. Les médecins pourront choisir selon les disponibilités, les jours pour assister à une formation RV assistée par l'IA sur un DM spécifique. Ces formations pourront être collaboratives avec d'autres médecins ou privées.

L'intérêt de la collaboration est de permettre à l'IA de rassembler des utilisateurs de sites différents au sein d'une même session de formation. Grâce à la plateforme l'IA centralisera l'ensemble des suivis et pourra mieux organiser son temps de travail. En cas de problème ou questions similaires, il répondra de manière groupée plutôt que de se déplacer sur chaque site pour répondre individuellement aux médecins ce qui représente un gain de temps considérable. Par exemple, l'IA pourra réaliser une formation avec un médecin à Lille le matin puis un médecin à Paris à midi pour finir avec un médecin à Nancy l'après-midi sans aucun problème voire même les réunir au sein d'une même session et ne faire que d'une pierre deux coups. Bien sûr, cela ne se limite pas aux frontières françaises mais peut être étendu à l'international si la société le souhaite.

Par ailleurs, en déterminant à l'avance les jours spécifiques dédiés aux formations d'accompagnement, l'IA pourra se concentrer davantage sur les démonstrations et les formations initiales qui prennent plus de temps.

#### **d) Feedback, évaluation et analyse des données**

A l'issue de chaque scénario RV, le médecin aura un feedback personnalisé de la leçon grâce aux éléments suivants :

- Un graphique indiquant le pourcentage de réussite de la leçon
- Un récapitulatif des événements cliniques clés du scénarios avec les points importants à retenir
- Une liste des points à améliorer avec des éléments de réponses et des suggestions d'action

Pour stimuler l'apprentissage, des évaluations courtes intermédiaires (à la fin de chaque cours) et finales (une fois tous les cours d'une session de formation terminés) seront proposées. Il s'agira d'un questionnaire rapide d'une dizaine de questions sur les points clés à retenir. Il permettra de constater l'évolution de chaque médecin et d'indiquer les différents points acquis, à améliorer ou à revoir.

En plus de ce feedback, l'IA pourra analyser les résultats des utilisateurs et proposer des axes d'amélioration. En effet, l'IA pourra avoir accès au moment exact où le médecin n'a pas réussi ou compris un point et lui apporter des éléments de réponses précis. Cela évitera les problèmes de compréhension lorsque le médecin indique rencontrer des difficultés avec le DM mais n'arrive pas forcément à les expliquer. Cela

prendra moins de temps à l'IA qui n'aura plus qu'à revoir la séquence du scénario pour comprendre parfaitement le problème et apporter une explication plus détaillée et spécifique.

Par ailleurs, en récupérant les statistiques de réussite, l'IA pourra identifier les utilisateurs en difficulté. Il pourra alors les contacter afin de proposer d'intervenir physiquement lors d'un suivi si le médecin en ressent le besoin. De cette façon, l'IA ne réalisera pas un suivi en aveugle mais interviendra en ayant connaissance des besoins du médecin et de ses disponibilités puisqu'un rendez-vous aura été fixé avec la personne en question.

Enfin, ce feedback sera également utile pour les sociétés pour obtenir des axes d'amélioration des DM. En effet, si l'IA constate des erreurs systématiques, il pourra remonter l'information et les sociétés pourront envisager d'améliorer le DM. De la même façon, ce feedback fournira un retour quant à la pertinence et la clarté des formations. Elles pourront alors être repensées et mises à jour pour corriger les erreurs et améliorer le contenu pédagogique.

#### **e) Tableau de bord**

Un tableau de bord permettra de visualiser l'ensemble des performances grâce aux indications suivantes :

- Un pourcentage de progression pour déterminer les cours terminés et ceux restants
- Un score de réussite par formation puis un score global
- Une courbe d'évolution de ses performances sur une même formation (baisse ou évolution)
- La durée passée sur la plateforme ainsi qu'un suivi de son activité

Comme évoqué précédemment, l'IA pourra consulter certaines de ces informations comme le score de réussite pour déterminer quelle formation pose des difficultés. Il pourra alors proposer un accompagnement plus approfondi voire un suivi. Il pourra également déterminer le nombre de personnes ayant consulté les supports de formation initiale nécessaire pour préparer son intervention physique. Il estimera alors si le nombre de consultations est suffisamment conséquent pour décider d'effectuer ou de reporter la formation.

### 3. Promotion

Afin d'exploiter cette plateforme HFC en tant que nouvel outil de l'IA, les sociétés de DM vont devoir mettre en place des stratégies de promotion.

#### a) La RV dans l'offre de vente

Les entretiens ont fait ressortir que le budget est un facteur clé dans l'achat de matériel. Comme l'a souligné Mr. Tom, le budget des hôpitaux est limité et à l'heure actuelle ils n'ont pas forcément les moyens d'investir dans du matériel de RV. Pour envisager d'intégrer la FAD et le VD-learning dans leurs pratiques, le matériel doit provenir de la société de DM en le proposant dans leur offre commerciale. Le coût de cette prestation doit être inclus dans le contrat de vente.

Cette solution entraînera une augmentation des prix dans le contrat justifiée car la plateforme offre une formation complète et de qualité. Pour les IA elle peut participer à la force de vente. Dans leur argumentaire, ils mettront l'accent sur le fait qu'il ne s'agit pas seulement d'acheter un DM mais un réel accompagnement avec une formation multi-outil. La RV sera un point fort car elle sera le moyen pour les cliniciens de vivre une immersion ludique qui leur permettra de s'évader de leur quotidien mais aussi et surtout d'être plus performant et efficace.

#### b) Des formations RV agréées par l'Agence Nationale du Développement Professionnel Continu

Tout au long de leur carrière, les professionnels de santé doivent cumuler des points de Développement Professionnel Continu (DPC) en participant à des programmes de formation médicale continue (FMC). Les médecins interrogés ont évoqué les Congrès comme la principale façon d'en obtenir mais qu'il n'est pas toujours évident de s'organiser pour y participer. Aujourd'hui, des organismes indépendants proposent des formations de DPC en ligne pour permettre aux médecins de se former quand ils le souhaitent et n'importe où.

Il est alors intéressant pour une société de DM de proposer des formations de RV s'inscrivant dans un programme de DPC. La littérature et l'analyse ont fait ressortir la difficulté pour les médecins de trouver le temps pour se former en raison de contraintes organisationnelles. En proposant des formations RV de DPC disponibles quand ils le souhaitent via la plateforme, les médecins pourront se former aux DM tout en cumulant

des points pour leur FMC. Cela permettra de se démarquer des concurrents car en plus d'acheter un équipement, les médecins pourront plus facilement et plus régulièrement compléter leur FMC. Par ailleurs, cette solution gagnant-gagnant aidera les médecins à accepter la RV comme nouvel outil de l'IA.

Pour s'inscrire dans le DPC, les formations doivent être agréées par l'Agence Nationale du Développement Professionnel Continu (ANDPC) qui se charge de superviser, évaluer et garantir la qualité scientifique et pédagogique des programmes proposés pour l'ensemble des professionnels de santé France [61].

### **c) Publications scientifiques et Key Opinion Leader**

Lorsqu'une nouvelle solution à visée médicale fait son apparition sur le marché, la plupart des professionnels de santé sont demandeurs de publications scientifiques. Il est donc intéressant de mettre en place une étude portant sur l'efficacité de la plateforme dans l'acquisition de compétences médicales. Cela permettra aux IA de promouvoir auprès des médecins l'intérêt d'un apprentissage multi-outils et plus précisément de la RV dans la formation des DM.

Cette étude pourra comparer quatre groupes de professionnels de santé suivant des modes de formation différents : 1) la méthode traditionnelle sollicitant uniquement la présence physique de l'IA 2) la méthode combinant l'intervention de l'IA et la plateforme 3) la méthode utilisant uniquement la plateforme 4) la méthode d'auto-formation n'incluant aucun des éléments précédents. L'étude pourra être conduite pendant 6 mois voire 1 an au sein d'hôpitaux de grande envergure comme les CHU (Centre Hospitalier Universitaire) de Lille, de Rouen et d'Amien ou encore l'APHP (Assistance Publique - Hôpitaux de Paris). Ce ou ces hôpitaux pilotes deviendront des références. Les professionnels de santé participeront à la rédaction des publications quant aux apports de la FAD et du VD-learning dans la formation aux DM.

Par ailleurs, il sera encore plus pertinent de collaborer avec des Key Opinion Leader (KOL) qui de par le statut professionnel influencent les pratiques et motivations d'achat des médecins. Leur rôle sera d'accompagner la société partenaire dans la mise en œuvre de l'étude et d'apporter un avis honnête quant à la solution proposée.

## II. Recommandations aux professionnels de santé

Dans un premier temps, pour pallier les problèmes d'accès à la formation médicale des étudiants, les programmes pédagogiques devraient intégrer systématiquement des simulations par la RV. Du côté des hôpitaux, certains proposent déjà de la RV. Par exemple, l'hôpital Foch à Suresnes, l'hôpital Privé de L'Estuaire (Ramsay Santé) ou encore l'hôpital Saint-Joseph à Paris. En revanche, du côté des Facultés de Médecine cela commence seulement à être envisagé comme à Limoges où les étudiants ont pu tester un module de formation RV. Cependant le coût initial du développement d'un simulateur en RV reste actuellement un frein majeur à l'adoption de cette technologie [62].

Pour pallier cette contrainte budgétaire, la solution de partenariat avec des sociétés de RV semble être la plus appropriée. C'est le cas au Canada où l'Université Queen's a annoncé l'ouverture d'un centre de formation médicale en RV en partenariat avec l'entreprise française SimForHealth. C'est le premier lieu dédié à ce type de formation et pourrait être un exemple pour les Facultés françaises [63]. Cela commencerait dans celles disposant déjà de laboratoires de simulation physique comme le CUESIM à Nancy [64] ou le Lab For Sims à Paris Sud [17]. En combinant mannequins hautes fidélités et technologie de RV, ces Facultés deviendraient des centres de références de simulation pour les étudiants mais également pour les médecins en exercices dans le cadre de la FMC. Ce partenariat gagnant-gagnant profitera aussi bien aux Facultés qui bénéficieront de matériels technologiques qu'aux sociétés de RV qui pourront se faire connaître et promouvoir leurs actions au sein d'universités médicales.

Par ailleurs, intégrer la RV dans la formation des professionnels de santé apportera de l'attractivité aux hôpitaux. Les établissements modernes attirent plus facilement les patients qui savent qu'ils pourront bénéficier de soins de qualité issus de technologies de pointe. L'Organisation Mondiale de la Santé définit la qualité des soins comme *“Une démarche qui doit permettre de garantir à chaque patient la combinaison d'actes diagnostiques et thérapeutiques qui lui assurera le meilleur résultat en terme de santé, conformément à l'état actuel de la science médicale, au meilleur coût pour un même résultat, au moindre risque iatrogène et pour sa plus grande satisfaction en termes de procédures, de résultats et de contacts humains à l'intérieur du système de soins”* [65]. En effet, le patient et le prescripteur choisissent parfois un hôpital en fonction de son niveau de qualité de soin. Par conséquent, la formation en RV sera un facteur d'attractivité pour l'hôpital car elle répondra au principe qui est : *“jamais la première fois sur le patient”*. Cela

rassurera les patients qui sauront que les médecins sont compétents et bien préparés aux interventions.

Finalement, ces recommandations permettront indirectement d'intégrer le VD-learning en tant que nouvel outil de formation aux DM. En effet, en étant confronté à la RV dès la formation initiale, les professionnels de santé auront beaucoup moins de difficulté à adhérer aux nouvelles technologies et à les accepter dans leurs pratiques quotidiennes.

Dans un deuxième temps, il s'agit d'établir des recommandations qui sont des solutions visant à améliorer la formation des médecins aux DM par les IA. Tout d'abord, il serait intéressant pour les hôpitaux de mettre en place des formations multiples. Il s'agirait de regrouper un maximum de professionnels concernés le jour où les formations par l'IA sont prévues. Cela permettrait un gain de temps pour le service qui formera plusieurs utilisateurs en même temps plutôt que les un après les autres. Le DM pourra être exploité plus rapidement par les médecins qui ne seront pas obligés d'attendre leur tour de formation.

Par ailleurs, il serait également intéressant de désigner une ou deux personnes référentes du DM qui auront accès à des formations plus poussées. Elles se chargeront de former leurs collègues et répondre à leurs questions plutôt que de solliciter à chaque fois l'IA. C'est le fonctionnement que le Dr. Carlos a mis en place au sein de son service de réanimation. Les formations basiques sont destinées à tous les utilisateurs tandis que les formations plus avancées sont destinées aux personnes référentes désignées. De cette façon, le temps des formations est réduit et les utilisateurs non intéressés par des formations avancées ne sont pas obligés d'y assister.

### III. Discussion et pistes de réflexion

Ce mémoire constitue une première approche qui a néanmoins soulevé plusieurs questionnements. Premièrement, la taille limitée de l'échantillon ne permet pas de généraliser les données à l'ensemble de la population. À cela s'ajoute le risque de subjectivité qui peut survenir lors de l'analyse d'une étude qualitative. Une enquête à plus grande échelle serait une solution pour généraliser les résultats. Néanmoins, les avis récoltés sur le sujet sont unanimes et convergent avec les faits issus de la revue de littérature. Cela apporte des éléments concrets qui permettent de légitimer les préconisations émises.

Deuxièmement, au cours de plusieurs entretiens, la question de l'acceptation des casques de RV dans les lieux sensibles tels que le bloc opératoire ou la réanimation a été soulevée. Or comme nous avons pu le constater dans la littérature, les casques de RV à titre pédagogique ont déjà été utilisés à l'hôpital ce qui ne devrait donc pas poser de difficultés. En revanche, il faut s'interroger sur la désinfection du matériel puisqu'à l'hôpital le risque de contamination est majeur. Aujourd'hui, des sociétés comme HypnoVR commercialisant des casques de RV thérapeutiques catégorisés DM de classe I ont déjà trouvé des solutions. Par exemple, des mallettes de rangement sécurisées avec un rechargement électrique intégré, une boîte de désinfection par ultraviolets ou encore des kit de protection hygiénique (charlotte) sont des solutions viables pour assurer la protection et la désinfection des casques [67].

Enfin, il serait à présent intéressant de réaliser une étude expérimentale sur le sujet à plus long terme et à plus grande échelle pour compléter le travail actuel. Cette étude consisterait à élaborer un scénario de RV autour d'un DM pour expérimenter son utilisation dans le cadre de la FAD. Durant cette phase d'essai, les IA et les professionnels de santé pourront apporter un avis objectif quant aux apports de l'outil. Cela permettra de juger de la faisabilité du plan d'action proposé dans les recommandations (Cf Partie III. I. A). Par ailleurs, un essai expérimental aidera à définir le meilleur positionnement de la RV dans chaque spécialité médicale mais aussi le type d'apprentissage le plus adapté (simple ou complexe).

## Conclusion

La formation médicale des professionnels de santé est un élément indispensable du système de soins car elle impacte la qualité de la prise en charge des patients. Les praticiens se doivent d'être cliniquement et techniquement compétents pour prodiguer des soins médicaux de qualité tels que définis par l'OMS. Cette formation médicale implique de nombreux acteurs dont l'ingénieur d'application (IA) qui occupe une place importante dans la mise en place de dispositifs médicaux (DM). En apportant son expertise technique, il permet aux professionnels de les exploiter pleinement.

Au cours des années, différents enjeux liés à cette formation sont apparus : manque de ressources, méthodes pédagogiques dépassées ou encore contraintes organisationnelles. Elle doit être repensée pour satisfaire les exigences de compétences nécessaires aux cliniciens pour offrir des soins de qualité. Aujourd'hui, la digitalisation de la formation apparaît comme la solution la plus appropriée pour répondre à ces différentes problématiques. Pour cela, de nouveaux outils pédagogiques voient le jour : la réalité virtuelle (RV) et plus particulièrement le VD-learning. Ils pourraient bien révolutionner la formation et le métier de l'IA.

Le travail mené vise à comprendre la place et les bénéfices de la RV dans la formation médicale. Tout au long de ce mémoire, il a donc été question d'apporter des réponses à la problématique issue de la revue de littérature : "Dans quelles mesures le VD-learning pourrait devenir un outil pertinent de l'IA dans la formation à distance des professionnels de santé aux DM ?". L'étude qualitative menée auprès des cliniciens et des IA a permis d'apporter des éléments concrets et des pistes de réflexion à la question de recherche. Il en ressort la nécessité de repenser la formation qui doit être multi-outils, appétente et adaptée aux objectifs pédagogiques. L'ensemble des éléments issus de la littérature et de l'analyse, a permis de mettre en place des recommandations visant à intégrer le VD-learning dans la formation des professionnels de santé. Elles s'adressent à la fois aux IA et aux professionnels de santé.

Ces recommandations consistent à proposer un plan d'action permettant d'optimiser la formation aux DM. Pour cela, une part de présentiel doit être maintenue pour conserver le contact humain entre les ingénieurs et les cliniciens. Ensuite, il s'agit d'utiliser les outils de formation à distance (FAD) pour préparer cette formation présentielle et réduire le temps consacré à celle-ci. Enfin, le VD-learning intervient dans la formation

d'accompagnement pour pérenniser les connaissances et développer de nouvelles compétences.

Aujourd'hui les IA doivent prendre le temps de prioriser les demandes et proposer des solutions alternatives pour celles non urgentes. C'est pourquoi, en suivant le plan d'action, les IA pourront intégrer dans leur quotidien des outils pertinents de FAD et de VD-learning qui optimisent la formation, rentabilisent le temps de travail et limitent les déplacements. Ces outils vont permettre de renforcer la culture de l'auto-apprentissage des médecins fortement présente dans leur pratique.

L'idée est de proposer une formation mixte avec des outils complémentaires et de laisser le choix aux utilisateurs du type de formation qui leur convient. Selon les personnalités, l'intégration de cette nouvelle façon de concevoir la formation peut prendre plus ou moins de temps. Dès lors, il ne faut pas les brusquer mais plutôt leur faire comprendre les bénéfices de la FAD et du VD-learning dans leur vie professionnelle et quotidienne. L'idée est donc de trouver une solution profitable pour tout le monde en adaptant la formation aux attentes et exigences générationnelles plutôt que de penser qu'elle doit être la même pour tous.

Finalement, ce plan d'action offre aux sociétés de DM la possibilité de développer de nouvelles opportunités et de nouveaux business. Les IA pourront se concentrer davantage sur les démonstrations auprès de potentiel client tout en s'assurant que les connaissances de leurs clients actuels sont pérennisées grâce au VD-learning.

À présent, il semble opportun de s'intéresser de plus près à la concrétisation de ce projet. La plateforme Health Formation Cloud (HFC) proposée dans ce travail est un exemple qui ouvre le champ des possibilités. Il s'agit de l'opportunité de se démarquer en révolutionnant le métier d'IA et la formation des professionnels de santé.

Pour conclure, le virtuel occupe une place de plus en plus importante dans de nombreux domaines. Aujourd'hui, on peut s'interroger sur son avenir : comment va-t-il évoluer et jusqu'où iront ses possibilités ? Les dernières avancées technologiques ont amené à la création du Metaverse. Il s'agit d'un univers virtuel dont l'objectif est d'être aussi palpable que le monde réel afin d'intensifier toujours plus l'immersion. Bien qu'il n'en soit qu'à ses débuts, les sociétés de DM pourraient bien tirer parti de cette technologie. Outre le cadre de la formation, il sera possible d'imaginer des démonstrations produits dans un metaverse dédié.

## Bibliographie

- [1] Amber, M., Benkhaled, M., Pincemail, M., & Verebi, E. (2021). Utilisations et apports de la réalité virtuelle dans les pratiques médicales en 2020. 49 p. Disponible sur <<https://travaux.master.utc.fr/wp-content/uploads/sites/16/2021/07/2021-05-idsap-memoire-realite-virtuelle-pratiques-medicales-1.pdf>>
- [2] Leubou, R. N. (2021). Impact de la réalité virtuelle sur la formation à distance. 147 p. Disponible sur <<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03267864/document>>
- [3] Burkhardt, J. M., Coquillart, S., Fuchs, P., & Moreau, G. (2006). L'interfaçage, l'immersion et l'interaction en environnement virtuel. *Le traité de la réalité virtuelle*, 2, 7-8. Disponible sur <<https://www.pressesdesmines.com/produit/le-traite-de-la-realite-virtuelle-volume-2-l-interf-ace-l-immersion-et-l-interaction-en-environnement-virtuel/>>
- [4] Forget, P. (2015). Les jeux sérieux au service de l'apprentissage. *Le Tableau*, 4(5), 2 p. Disponible sur : <<https://pedagogie.quebec.ca/le-tableau/les-jeux-serieux-au-service-de-lapprentissage>>
- [5] FmcActionN. (2022). Textes concernant la formation médicale continue [en ligne]. Disponible sur <[https://www.fmcaction.org/textes\\_reglementaires.php?menu\\_ref=3](https://www.fmcaction.org/textes_reglementaires.php?menu_ref=3)> (Consulté le 25/06/2022).
- [6] Harvard Business Review. (2019). Research: How Virtual Reality Can Help Train Surgeons [en ligne]. Disponible sur <<https://hbr.org/2019/10/research-how-virtual-reality-can-help-train-surgeons>> (Consulté le 02/05/2022).
- [7] The Medical Futurist. (2019). Do Virtual Simulations Prepare For Medical Realities? [en ligne]. Disponible sur <<https://medicalfuturist.com/virtual-medical-simulations/>> (Consulté le 02/04/2022).
- [8] Cleveland Clinic. (2019). New Health Education Campus Offers Immersive Medical Training [en ligne]. Disponible sur <<https://consultqd.clevelandclinic.org/new-health-education-campus-offers-immersive-medical-training/>> (Consulté le 02/05/2022).

- [9] Microsoft. (2022). HoloHuman [en ligne]. Disponible sur <<https://www.microsoft.com/en-us/p/holohuman/9n5brls1hmw2?activetab=pivot:overviewtab#>> (Consulté le 24/06/2022).
- [10] Anatomage. (2018). Anatomage Table [en ligne]. Disponible sur <<https://www.anatomage.com/table/>> (Consulté le 02/05/2022).
- [11] Michigan Medicine - University of Michigan. (2017). Virtual humans help aspiring doctors learn empathy. *ScienceDaily*. Disponible sur <<https://www.sciencedaily.com/releases/2017/04/170427091749.htm>>
- [12] The Medical Futurist. (2020). 5 Ways Medical Virtual Reality Is Already Changing Healthcare [en ligne]. Disponible sur <<https://medicalfuturist.com/5-ways-medical-vr-is-changing-healthcare/>> (Consulté le 03/05/2022).
- [13] Viscira. (2020). Virtual Reality Took Me Inside the Mind of a Schizophrenic [en ligne]. Disponible sur <<https://www.viscira.com/>> (Consulté le 03/05/2022).
- [14] Embodied Labs. (2022). We Are Alfred - Embodied Labs [en ligne]. Disponible sur <<https://www.embodiedlabs.com/news/2016/05/we-are-alfred-embodied-labs>> (Consulté le 03/05/2022).
- [15] MIT Technology Review. (2022). Disability-Simulating VR Promotes Empathy [en ligne]. Disponible sur <<https://www.technologyreview.com/2016/04/29/160444/disability-simulating-vr-promotes-empathy/>> (Consulté le 03/05/2022).
- [16] Sanofi. (2022). La réalité virtuelle : quelle légitimité en santé ? [en ligne]. Disponible sur <<https://sanofi.challenges.fr/esante/la-realite-virtuelle-quelle-legitimite-en-sante/>> (Consulté le 25/04/2022).
- [17] SimforHealth. Expert de la simulation numérique en santé [en ligne]. Disponible sur <<https://simforhealth.fr/>> (Consulté le 04/05/2022).
- [18] Blumstein, G., Zukotynski, B., Cevallos, N., Ishmael, C., Zoller, S., Burke, Z., Clarkson, S., Park, H., Bernthal, N., & SooHoo, N. F. (2020). Randomized trial of a virtual reality tool to teach surgical technique for tibial shaft fracture intramedullary nailing. *HHS Public Access*, 77(4), 969–977. Disponible sur <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7351249/pdf/nihms-1557391.pdf>>

- [19] ImmersionVR. VR for Education and Workplace Training [en ligne]. Disponible sur <<https://immersionvr.co.uk/>> (Consulté le 01/05/2022).
- [20] Wolters Kluwer. (2022). Nursing in a virtual world [en ligne]. Disponible sur <<https://www.wolterskluwer.com/en/expert-insights/nursing-in-a-virtual-world>> (Consulté le 27/05/2022).
- [21] Healthy Simulation. (2022). Pocket Nurse Distributes New VR Training System from VES | IMSH 2017 Video Interview [en ligne]. Disponible sur <<https://www.healthysimulation.com/10699/pocket-nurse-distributes-new-vr-training-system-from-ves-imsh-2017-video-interview/>> (Consulté le 27/05/2022).
- [22] Lan, L., Fei, Y., Dongquan, S., Jianping, S., Zongjun, T., Jiquan, Y., Xingsong, W., & Qing, J. (2017). Application of virtual reality technology in clinical medicine. *American Journal Of Translational Research*, 9(9), 3867–3880. Disponible sur <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5622235/>>
- [23] Surgical Science. (2018). LapSim [en ligne]. Disponible sur <<https://surgicalseience.com/simulators/lapsim/>> (Consulté le 09/05/2022).
- [24] VirtaMed. (2022). VirtaMed ArthroS [en ligne]. Disponible sur <<https://www.virtamed.com/fr/presentation-simulateurs/arthros/>> (Consulté le 09/05/2022).
- [25] HAAG-Streit Simulation. (2022). Eyesi Surgical [en ligne]. Disponible sur <<https://www.vrmagic.com/medical-simulators/eyesi-surgical>> (Consulté le 09/05/2022).
- [26] Surgical Science. (2018). Denmark Introduces World's First Mandatory Simulation-based Training For All Physicians [en ligne]. Disponible sur <<https://surgicalseience.com/2015/03/23/denmark-introduces-worlds-first-mandatory-simulation-based-training-for-all-physicians/>> (Consulté le 12/05/2022).
- [27] Mattheos, N., Schitteck, M., Attström, R., & Lyon, H. C. (2001). Distance learning in academic health education A literature review. *Dental Education*, 5, 67-76. Disponible sur <<https://www.qou.edu/ar/sciResearch/pdf/distanceLearning/distanceAcademic.pdf>>
- [28] Harden, R. M. (2005). A New Vision for Distance Learning and Continuing Medical Education. *The Journal of Continuing Education in the Health Professions*, 25, 43–51. Disponible sur <[https://fm.usp.br/cedem/conteudo/leitura%20complementar%20harden-2005-journal\\_of\\_continuing\\_education\\_in\\_the\\_health\\_professions.pdf](https://fm.usp.br/cedem/conteudo/leitura%20complementar%20harden-2005-journal_of_continuing_education_in_the_health_professions.pdf)>

- [29] Wiecha, J., & Barrie, N. (2002). Collaborative online learning: a new approach to distance CME. *Pubmed*, 77(9),928-9. Disponible sur <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/12228097/>
- [30] Learning Solution. (2021). Healthcare Training on the Verge of VR Revolution [en ligne]. Disponible sur <https://learningsolutionsmag.com/articles/2427/healthcare-training-on-the-verge-of-vr-revolution> (Consulté le 10/06/2022).
- [31] Wiecha, J., Heyden, R., Sternthal, E., & Merialdi, M. (2010). Learning in a Virtual World: Experience With Using Second Life for Medical Education. *Journal of Medical Internet Research*, 12(1). Disponible sur <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2821584/>
- [32] Alverson, D. C. (2008). Medical students learn over distance using virtual reality simulation. *PubMed*, 3(1), 10-5. Disponible sur <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/19088637/>
- [33] Engage VR. A New Way to Engage [en ligne]. Disponible sur <https://engagevr.io/> (Consulté le 10/06/2022).
- [34] OMS. (2022). Virtual Reality Medical & Nursing Distance Learning [en ligne]. Disponible sur <https://oxfordmedicalsimulation.com/product/vr-medical-nursing-distance-learning/>
- [35] Octarina. (2022). Serious game, réalité virtuelle et augmentée dans le secteur médical [en ligne]. Disponible sur [https://www.octarina.com/serious-game-realite-virtuelle-et-augmentee-dans-le-secteur-medical/?fbclid=IwAR18gYggPWEq5Gp2PkjJfeZjW5\\_kqAaaxUJX5BKwClzc9tcpkxGTRZ6I-kw](https://www.octarina.com/serious-game-realite-virtuelle-et-augmentee-dans-le-secteur-medical/?fbclid=IwAR18gYggPWEq5Gp2PkjJfeZjW5_kqAaaxUJX5BKwClzc9tcpkxGTRZ6I-kw) (Consulté le 25/05/2022).
- [36] The Guardian. (2022). Cutting-edge theatre: world's first virtual reality operation goes live [en ligne]. Disponible sur <https://www.theguardian.com/technology/2016/apr/14/cutting-edge-theatre-worlds-first-virtual-reality-operation-goes-live> (Consulté le 25/05/2022).

- [37] Neoscope. (2020). a Tokyo Hospital is livestreaming surgeries in virtual reality [en ligne]. Disponible sur <https://futurism.com/neoscope/tokyo-hospital-livestreaming-surgeries-virtual-reality> (Consulté le 25/05/2022).
- [38] Marco, C. A., & Kowalenko, T. (2012). Competence and Challenges of Emergency Medicine Training as Reported by Emergency Medicine Residents. *The Journal of Emergency Medicine*, 43 (6), 1103-1109. Disponible sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736467912006956>
- [39] George, B. C. (2017). Readiness of US General Surgery Residents for Independent Practice Brian C George. *PubMed*, 266(4), 582-594. Disponible sur <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28742711/>
- [40] Debas, H. T., Donkor, P., & Gawande, A. et al. (2015). Excess Surgical Mortality: Strategies for Improving Quality of Care. *Essential Surgery: Disease Control Priorities* 3(16). Disponible sur <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK333498>
- [41] Birkmeyer, J. D. (2013). Surgical Skill and Complication Rates after Bariatric Surgery. *The New England Journal of Medicine*, 369, 1434-1442. Disponible sur <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMsa1300625>
- [42] Botbol, R., Khoa, M. K., & Schmid, T. (2018). Stratégies pour améliorer la satisfaction professionnelle et le bien-être du médecin en 2018. *Médecine Ambulatoire*. Disponible sur <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2018/revue-medicale-suisse-620/strategies-pour-ameliorer-la-satisfaction-professionnelle-et-le-bien-etre-du-medecin-en-2018>
- [43] Maisonneuve, H., Touboul, C., Bonnelye, G., & Bertrand, D. (2008). La formation continue des praticiens hospitaliers : importante mais avec des difficultés organisationnelles et financières. *La Presse Médicale*, 37(10), 1391-1396. Disponible sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0755498208004326>
- [44] Medscape. (2022). [en ligne]. Disponible sur <https://français.medscape.com/diaporama/33000144#13> (Consulté le 19/11/2021).

- [45] Caducee. (2021). Burn-out dans la santé : 98 % des soignants reconnaissent avoir déjà ressenti les symptômes de l'épuisement professionnel [en ligne]. Disponible sur <<https://www.caducee.net/actualite-medicale/15406/burn-out-dans-la-sante-98-des-soignants-reconnaissent-avoir-deja-ressenti-les-symptomes-de-l-epuisement-professionnel.html>> (Consulté le 21/11/2021).
- [46] RTL. (2019). 56% des médecins en formation pensent avoir été un danger pour leurs patients: cette future pédiatre décrit leurs cadences infernales [en ligne]. Disponible sur <<https://www.rtl.be/info/magazine/sante/56-des-medecins-en-formation-pensent-avoir-ete-un-danger-pour-leurs-patients-cette-future-pediatre-decrit-leurs-cadences-infernales-video--1109636.aspx>> (Consulté le 21/11/2021).
- [47] Pottle, J. (2019). Virtual reality and the transformation of medical education. *Future Healthcare Journal*, 6(3), 181–185. Disponible sur <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6798020/>>
- [48] Virtual Speech. (2022). How Virtual Reality can Improve Online Learning [en ligne]. Disponible sur <<https://virtualspeech.com/blog/how-virtual-reality-can-improve-online-learning>>
- [49] BBC. (2022). Shift work dulls your brain - report [en ligne]. Disponible sur <<https://www.bbc.com/news/health-29879521>>
- [50] Kassutto, S. M., Baston, C., & Clancy, C. (2021). Virtual, Augmented, and Alternate Reality in Medical Education: Socially Distanced but Fully Immersed. Disponible sur <<https://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.34197/ats-scholar.2021-0002RE>>
- [51] Amber, M., Benkhaled, M., Pincemail, M., Verebi, E., & Claude, I. (2021). Apports et limites de la réalité virtuelle dans les pratiques médicales en 2020. 12 p. Disponible sur <<https://travaux.master.utc.fr/wp-content/uploads/sites/16/2021/05/2021-05-idsap-pre-print-realite-virtuelle-pratiques-medicales.pdf>>
- [52] CNC. (2019). Le CNC dévoile une étude inédite sur la réalité virtuelle et les expériences immersives [en ligne]. Disponible sur <[https://www.cnc.fr/professionnels/actualites/le-cnc-devoile-une-etude-inedite-sur-la-realite-virtuelle-et-les-experiences-immersives\\_978284](https://www.cnc.fr/professionnels/actualites/le-cnc-devoile-une-etude-inedite-sur-la-realite-virtuelle-et-les-experiences-immersives_978284)> (Consulté le 23/04/2022).

- [53] Cayceo. (2020) LES ENJEUX DE LA RÉALITÉ VIRTUELLE EN 2020 [en ligne]. Disponible sur <<https://cayceo.fr/les-enjeux-de-la-realite-virtuelle-en-2020>> (Consulté le 23/04/2022).
- [54] Clinique de l'Anjou. [en ligne]. Disponible sur <<https://www.clinique-anjou.fr/>> (Consulté le 26/06/2022).
- [55] Clinique Lille Sud. [en ligne]. Disponible sur <<https://clinique-lille-sud.ramsaysante.fr/actualites/lanesthesie-par-realite-virtuelle-cest-possible>> (Consulté le 26/06/2022).
- [56] CHU Rennes. [en ligne]. Disponible sur < <https://www.chu-rennes.fr/>> (Consulté le 26/06/2022).
- [57] Hôpital Foch. [en ligne]. Disponible sur <<https://www.hopital-foch.com/hopital/lhopital-dans-la-presse/>> (Consulté le 26/06/2022).
- [58] Linkedin. [en ligne]. Disponible sur <<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6902277673591164928/>> (Consulté le 26/06/2022).
- [59] ONISEP. Ingénieur d'application [en ligne]. Disponible sur <<https://www.onisep.fr/Ressources/Univers-Metier/Metiers/ingenieur-ingenieure-d-applicati-on>> (Consulté le 02/01/2022).
- [60] Digiformag. (2018) MOOC, COOC, SPOC, SOOC : quelle est la différence ? [en ligne]. Disponible sur <<https://www.digiformag.com/e-learning/mooc-cooc-spoc-sooc-quelle-est-la-difference/>> (Consulté le 26/06/2022).
- [61] Agencedpc. (2021). Agence nationale du Développement Professionnel Continu [en ligne]. Disponible sur <<https://www.agencedpc.fr/agence-nationale-dpc>> (Consulté le 20/06/2022).
- [62] MBA. (2019). Réalité virtuelle : un nouveau regard sur la formation des médecins [en ligne]. Disponible sur <<https://mbamci.com/esante-realite-virtuelle-formation/>> (Consulté le 20/06/2022).

[63] Usine Digitale. (2018). L'Université Queen's au Canada va créer un centre de formation médicale en réalité virtuelle. Disponible sur <<https://www.usine-digitale.fr/article/l-universite-queen-s-au-canada-va-creer-un-centre-de-formation-medicale-en-realite-virtuelle.N758869>> (Consulté le 20/06/2022).

[64] Université de Lorraine. CUESIM [en ligne]. Disponible sur <<http://medecine.univ-lorraine.fr/fr/cuesim/fr>> (Consulté le 20/06/2022).

[65] Santé Publique. (2013) Qualité des soins : définition [en ligne]. Disponible sur <<http://www.santepublique.eu/qualite-des-soins-definition/>> (Consulté le 20/06/2022).

[67] HynoVR. (2021). HypnoVR, un dispositif médical simple d'utilisation à l'efficacité démontrée [en ligne]. Disponible sur <<https://hypnovr.io/fr/produits/hypnovr/>> (Consulté le 20/06/2022).

# Annexes

## Annexe I : Guide d'entretien à destination des professionnels de santé

THÈMES	QUESTIONS
<b>Introduction</b>	Pour commencer pouvez-vous vous présenter ?
<b>Formation Médicale Continue</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Que représente la Formation Médicale Continue pour vous ? (Exemples)</li> <li>2. Combien de temps estimez-vous accorder à votre formation médicale personnelle ? Et sur quoi porte-t-elle ?</li> <li>3. Pensez-vous avoir le temps nécessaire pour vous former ?</li> <li>4. Avez-vous déjà eu le sentiment d'être insuffisamment formé notamment sur un dispositif médical ? (Exemples)</li> </ol>
<b>Ingénieurs d'Application</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Parmi les moyens de formation aux dispositifs médicaux, l'ingénieur d'application est un acteur, avez-vous déjà été formé par un IA ?</li> <li>2. Quelle serait pour vous une formation idéale réalisée par un IA ? (Exemples)</li> <li>3. Comment décririez-vous votre relation avec les IA ?</li> </ol>
<b>Formation à Distance</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Autre que les formations par les IA, utilisez-vous d'autres outils/moyens de formation aux dispositifs médicaux ?</li> <li>2. Avez-vous déjà fait l'expérience de FAD (formation zoom, en ligne) ? (Exemples)</li> <li>3. Si vous deviez comparer la formation physique traditionnelle et la FAD formations que diriez-vous ?</li> <li>4. Pensez-vous que la FAD est un type de formation adaptée à la formation médicale ? (Exemples)</li> </ol>
<b>Réalité Virtuelle</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Que pensez-vous des outils technologiques et numériques dans votre travail ?</li> <li>2. Un nouvel outil technologique est la réalité virtuelle, avez-vous déjà pu faire l'expérience de la RV ? (Exemples)</li> <li>3. Quels sont/seraient pour vous les principaux avantages et inconvénients ?</li> <li>4. La RV est un outil utilisé pour la FAD, que pensez-vous de son utilisation pour vous former aux dispositifs médicaux ?</li> <li>5. La RV associe la théorie et la pratique, pensez-vous qu'elle est un moyen d'améliorer la formation médicale notamment aux DM ?</li> <li>6. Diriez-vous que son utilisation est adaptée à toutes les spécialités médicales et dispositifs médicaux ? (Exemples)</li> </ol>
<b>Projection</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pour finir, comment envisagez-vous la formation médicale de demain ?</li> <li>2. Si demain vos pratiques de formation devaient changer pour laisser place à une formation aux dispositifs médicaux par le biais de la RV, comment réagiriez-vous ?</li> </ol>

## Annexe II : Guide d'entretien à destination des ingénieurs d'application

THÈMES	QUESTIONS
<b>Introduction</b>	Pour commencer pouvez-vous vous présenter ?
<b>Le métier d'Ingénieur d'Application</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un des rôles de l'IA est de former les utilisateurs aux dispositifs médicaux (DM), pouvez-vous me décrire comment se déroule une formation de DM ?</li> <li>2. Combien de temps dure la majorité de vos formations ?</li> <li>3. Que pensez-vous de ce temps passé avec les utilisateurs lors des formations ?</li> <li>4. Quelles sont les difficultés que vous pouvez rencontrer lors des formations utilisateurs et à quoi sont-elles dûes ? (Exemples)</li> <li>5. En tant qu'IA vous êtes amené à vous déplacer chez les clients, à quelle fréquence vous déplacez-vous par semaine ? Et que pensez-vous de ces déplacements ?</li> <li>6. Que pensez-vous du métier d'IA ? (Exemples)</li> <li>7. Comment percevez-vous la relation entre IA/médecins ? (Exemples)</li> </ol>
<b>Formation à Distance</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Quels moyens utilisez-vous pour réaliser vos formations ?</li> <li>2. Avez-vous déjà réalisé des FAD pour former les utilisateurs aux DM (formation zoom) ? (Exemples)</li> <li>3. Que pensez-vous de la FAD ?</li> <li>4. Si vous deviez comparer la formation physique et la FAD que diriez-vous ?</li> <li>5. Pensez-vous que la FAD soit adaptée à la formation aux DM ?</li> </ol>
<b>Réalité Virtuelle</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un nouvel outil technologique est la réalité virtuelle, avez-vous déjà pu faire l'expérience de la RV ?</li> <li>2. Quelles sont pour vous les caractéristiques de la RV ?</li> <li>3. La RV est un outil utilisé pour la FAD, que pensez-vous de son utilisation pour former les utilisateurs à distance aux DM ?</li> <li>4. Est-elle pour vous un moyen de faciliter la formation des utilisateurs ? (Exemples)</li> <li>5. Quels sont pour vous les principaux avantages et inconvénients de la RV pour la formation aux DM ?</li> <li>6. Diriez-vous qu'elle est adaptée à tous les DM ?</li> </ol>
<b>Projections</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comment imaginez-vous le métier d'IA dans le futur ?</li> <li>2. Si demain vos pratiques de formation devaient changer pour laisser place à une formation aux DM réalisée principalement par le biais de la RV, comment réagiriez-vous ?</li> </ol>

## **Annexe III : Entretien semi-directif avec le Dr. Lee anesthésiste-réanimateur**

### **Bonjour Docteur pouvez-vous vous présenter ?**

Je m'appelle Lee, j'ai 38 ans, je suis médecin anesthésiste-réanimateur à Rouen et j'utilise l'échographie dans le cadre de l'anesthésie loco-régionale pour la chirurgie orthopédique essentiellement.

### **Que représente la formation médicale pour vous ?**

C'est quelque chose de continu.

### **Quelque chose de continu, pouvez-vous m'en dire plus ?**

Nous on a une formation médicale qui est relativement longue, qui est assez intense et qui se clôture par la thèse et le mémoire de spécialité pour ceux qui font une spécialité. Mais en fait c'est que la demi-vie des connaissances médicales car c'est à peu près 5 ans en moyenne et donc c'est quelque chose qui doit se renouveler. C'est un renouvellement perpétuel en fait de la formation sinon on ne peut pas faire de la médecine sans être en formation. Donc certains d'entre nous font un ou 2 congrès par an, ce qui peu excessif, enfin une ou 2 formations par an mais en tout cas, il y a un renouvellement perpétuel des connaissances. On ne peut pas exercer correctement sans ça.

### **Combien de temps passez-vous à cette formation ?**

C'est un peu difficile d'évaluer comme ça mais en fait c'est un petit peu du quotidien ça veut dire qu'on va lire de la littérature, consulter des recommandations, apprendre des nouvelles techniques, aller se former sur d'autres centres, assister à des congrès donc en fait c'est très varié.

On a par contre une obligation de formation continue ça veut dire que pour avoir une accréditation d'exercice on doit justifier d'un quota de formation donc quand on va à certains congrès on collige des points de Développement Professionnel Continu de formation continue.

Mais de notre côté c'est censé être quasi quotidien, régulier, c'est un truc sur le long terme quoi donc c'est un peu dur de le quantifier et puis surtout c'est aussi dépendant de la motivation de chacun et de la spécialité de chacun. En tout cas, il faut que ce soit continu quasiment sur toute la durée de l'exercice. Surtout que des fois on a des changements

majeurs de recommandations c'est-à-dire que des fois ce qui été fortement recommandé devient contre-indiqué donc parfois c'est des virages à 180°.

**D'accord, en plus de la motivation est ce que vous pensez avoir le temps de vous former ?**

Ça dépend de notre exercice. Quand on est médecin hospitalier on a normalement par exemple des journées de formation c'est-à-dire qui sont comptabilisées dans le temps de travail donc c'est théoriquement quelque chose qui est intégré. En tant que libéral comme nous en fait on organise notre emploi du temps comme on le souhaite et c'est nous qui choisissons de nous libérer du temps pour cette formation. Donc voilà c'est pareil c'est quelque chose qui est opposable mais c'est quand même un petit peu dépendant de la motivation de chacun puis de l'accès de chacun à l'information médicale quoi. Désolé c'est une réponse un peu ouverte quoi mais je vois pas quoi dire autrement.

**Est ce que vous avez déjà eu l'impression d'être insuffisamment formé sur une pratique ou un dispositif médical durant votre carrière ?**

Oui mais en fait c'est pas quelque chose enfin c'est pas une finalité en fait c'est à dire que moi ça m'arrive d'être confronté à des pratiques que je ne connais pas mais du coup soit c'est utile dans mon quotidien et dans ce cas-là je vais m'y former pour pouvoir me les réapproprier soit j'estime que c'est à la périphérie de ma spécialité et donc dans ce cas-là je me sens pas concerné. Mais voilà on est confronté tous les jours à des jeunes praticiens qui sortent de leur internat et qui vont avoir pratiqué une technique qui est relativement récente dans laquelle nous on n'a pas été formé et du coup c'est des échanges et nous ça nous permet de découvrir des techniques qu'on connaît pas donc ça c'est fréquent en tout cas on y est confronté ça c'est sûr.

Après il y a 2 façons de voir les choses c'est soit on se sent pas suffisamment en confiance dans une technique qu'on craint de ne pas maîtriser et ça ça peut arriver donc dans ces cas-là bah on fait en sorte de ne pas y être confronté dans notre pratique par exemple moi si je croise un confrère qui prend en charge des patients de petite pédiatrie bah je vais pas me sentir capable forcément de prendre en charge un enfant de 2 ou 3 jours mais par contre comme c'est pas quelque chose que je vais faire dans ma pratique j'ai pas forcément d'intérêt à essayer de m'y former. Par contre si j'ai un confrère remplaçant qui vient à la clinique et qui prend en charge justement une chirurgie du genou avec une technique d'anesthésie loco-régionale que je ne connaissais pas bah là pour le

coup ça va fortement m'intéresser et je vais chercher à me former pour pouvoir utiliser cette technique si elle est efficace. Donc voilà c'est plutôt comme ça.

**L'ingénieur d'application joue un rôle dans la formation médicale, avez-vous déjà côtoyé un ingénieur d'application pour être formé à un dispositif médical ?**

Oui ça m'est arrivé pour la mise en place de respirateurs d'anesthésie quand on changeait de respirateur au sein d'un bloc opératoire et qu'on a eu un respirateur d'une nouvelle génération on a eu une formation au matériel par l'ingénieur d'application tout à fait. Et c'est arrivé aussi pour des appareils d'échographie par le passé, à chaque nouveau matériel en fait.

On a une spécialité où on a un gros support technique donc on a beaucoup de types de monitoring en fait et donc chaque fois qu'on a un nouveau monitoring on a une démarche avec un ingénieur en fait qui vient présenter et former sur son matériel spécifique c'est-à-dire que nous on a la formation médicale physiologique donc comment fonctionnent les poumons d'un patient, comment il faut les ventiler... mais par contre quand on vous donne un nouvel appareil avec une interface qu'on a jamais vu faut qu'on soit formé sur l'appareil en question bon voilà. Mais oui c'est arrivé à plusieurs reprises et ça arrivera encore à chaque fois qu'on aura des nouveaux matériels oui bien sûr.

**Et justement qu'est-ce que vous pensez de ces formations par les ingénieurs d'applications ?**

Je pense que c'est indispensable en fait. Parce qu'on voit parfois des gens qui utilisent un matériel qui n'est pas complètement maîtrisé en fait et quand on a accès à quelqu'un, un ingénieur d'application il va vous former intégralement sur le dispositif et on va pouvoir l'exploiter à fond alors qu'en fait si au final on a plein de matériel qu'on connaît pas bon comme on doit l'utiliser au quotidien on va être capable de s'en servir en tâtonnant un petit peu et on va pouvoir maîtriser les grandes fonctions mais pas l'utiliser à fond. Donc on peut pas, à moins d'ouvrir la notice du matériel, mais globalement on a besoin d'une formation pour tirer le meilleur de l'appareil quoi.

Par exemple, je prends l'exemple de l'appareil d'échographie sur lequel on s'est rencontré, bah très clairement la formation ça nous a permis d'accéder au paramétrage de certains modes qu'on aurait pas pu faire autrement. Donc moi j'ai des confrères qui ont assisté à cette formation mais ils ont pas retenu certains trucs et en fait qui se sont retrouvés à être

en difficulté sur certains modes parce qu'ils se souvenaient plus qu'on pouvait paramétrer pour optimiser l'image et ils se disent bah tiens ça marche pas alors que non c'était pas qu'elle marche pas c'est juste que là le paramétrage il est pas bien fait. Et ça, ça peut être fait que quand on est formé par un spécialiste technique ou un ingénieur technique qui nous présente le système.

**Vous avez évoqué l'exemple de votre collègue qui avait oublié, est ce que c'est la formation en elle-même qui a posé des difficultés ?**

C'est difficile à dire parce que je pense que déjà la formation, dans l'idéal, il faudrait qu'elle soit réitérée c'est-à-dire dans l'idéal il faut qu'il y ait un espèce de feedback quelques mois plus tard parce que quand on a un nouvel appareil il faut qu'on se l'approprie un petit peu donc on l'utilise et puis au bout de 2, 3, 4 mois d'utilisation on se rend compte qu'on est confronté à des problèmes qu'on avait pas forcément détectés au début. Donc je pense que c'est bien qu'il y ait une réévaluation à distance pour refaire une espèce de piqûre de rappel sur certaines modalités de l'appareil. Je pense que ça c'est important parce qu'on se retrouve confronté à des problèmes qu'on avait pas envisagé au départ et sur lesquels on avait pas été attentifs donc je pense que c'est surtout ça parce que des fois on nous demande de se former aussitôt sur un appareil qu'on a parfois peu manipulé et puis on pense être à peu près en autonomie dessus et on se rend compte à posteriori que y'a des choses qui nous ont échappées donc moi ça me paraît être la principale raison.

Alors puis après il y a les motivations personnelles. Il y a des gens l'échographie ça les intéresse pas mais ils viennent se former parce qu'ils savent qu'ils vont impérativement en avoir besoin dans leur quotidien mais bon ils sont pas très motivés mais bon ça c'est autre chose sur lequel ça va être difficile de jouer quoi mais pour moi la principale raison c'est la première que j'ai évoquée.

**D'accord et du coup comment décririez-vous la relation que vous avez avec l'ingénieur d'application ?**

Ben c'est un échange entre 2 visions des choses qui sont assez différentes parce qu'un ingénieur d'application il a une vision qui est centrée sur le technique et il a pas forcément une vision sur le patient même s'il a des connaissances médicales et paramédicales je pense qui sont liées à son travail parce qu'il gravite en périphérie du médical et je pense que lui ses connaissances sont centrées sur le matériel et nous nos connaissances sont centrées sur le patient.

Et donc en fait c'est établir une sorte de connexion entre 2 visions des choses différentes concernant le même sujet et en fait chacun doit se mettre un petit peu au niveau de l'autre quelque part quoi. L'ingénieur d'application est bien plus pointu que nous sur le matériel et il va falloir qu'il soit pédagogue pour nous expliquer et puis bah nous on est plus pointu sur le patient et il va falloir qu'on trouve un langage commun pour faire le lien entre les 2.

Et puis nous on n'est pas des scientifiques, en fait on s'appuie sur la science mais on est un peu des artisans donc ça veut dire que par rapport... en fait il y a tout un tas de choses qui dans notre pratique se basent sur la science mais qui sont pas d'une rigueur scientifique et qui sont un petit peu de l'empirisme et en fait la médecine ça se pratique comme ça donc c'est ça aussi 2 façons de voir les choses différentes : tout est pas blanc ou noir donc il y a beaucoup de gris c'est sûr.

**On a parlé des ingénieurs d'applications, vous avez aussi évoqué les séminaires, est ce que vous utilisez d'autres moyens pour vous former ?**

Moi j'utilise beaucoup la vidéo.

**Vous voulez dire la formation à distance ?**

À distance même mais aussi chercher des vidéos sur youtube faites par des professionnels parce qu'en fait on a de plus en plus, et la médecine c'est ça, on a une culture de l'auto-formation c'est-à-dire qu'on va chercher soit-même alors à la fois les données de la littérature, dans les articles tout ça. Il y a des séminaires quand on peut mais toujours pareil, en plus dans une période qu'on vient de traverser, se libérer du temps pour aller assister à un congrès c'est pas forcément facile mais dans l'idéal effectivement c'est toujours très intéressant d'aller en congrès ou un séminaire au moins une fois par an parce que ça permet vraiment de s'immerger un petit peu dans plein de choses et c'est ce qu'il y'a de plus dense en fait en terme de formation c'est-à-dire qu'on se forme un petit peu quotidiennement mais quand on va dans un congrès comme ça la densité d'informations, de nouvelles informations pendant 2, 3 jours est énorme donc ça permet vraiment souvent d'avancer en même temps sur pas mal de sujets. C'est l'intérêt d'essayer d'aller à ces congrès là.

Mais sinon le support vidéo est de plus en plus présent. On a des équipes de recherche qui font des Web TV et qui publient des émissions une fois tous les 2 mois, tous les 3 mois où ils traitent d'un sujet de manière très rigoureuse en fait avec une bibliographie, des

démonstrations vidéo et en fait on peut se baser dessus pour développer notre activité et donc le numérique prend de plus en plus de place là-dedans.

### **Vous avez dit des Web ?**

Web TV et donc c'est réalisé par une équipe et en l'occurrence une équipe d'anesthésie qui exerce à Quincy-sous-sénart qui est une équipe référente en anesthésie loco-régionale et en fait ça fait depuis 2017 je crois qu'ils font ça et ils font 4, 5 émissions par an. Donc les émissions ça peut être "anesthésie loco-régionale pour la chirurgie du genou" et du coup c'est une émission qui dure 1h et il y a un topo sur l'anatomie, un topo sur la littérature récente, 2 ou 3 vidéos où ils filment médecin anesthésiste qui fait une anesthésie en direct où on voit l'image de l'échographie. Voilà donc c'est quelque chose qui est très complet et en fait nous on peut se baser là-dessus quasiment parce que nous on connaît déjà les techniques d'anesthésie mais en fait on peut se baser dessus pour mettre en place cette technique là dans notre pratique quotidienne sans forcément avoir besoin de se déplacer sur place pour être formé en compagnonnage par un praticien. Donc ça c'est assez intéressant.

### **Quels sont les autres aspects que vous appréciez avec la formation à distance ?**

Les vidéos c'est la facilité en fait c'est-à-dire que nous dans notre quotidien c'est beaucoup plus simple de mettre en place une formation comme ça plutôt que d'avoir une organisation pour assister à un congrès.... Alors ça veut pas dire... enfin on peut pas se passer non plus de la formation présentielle y'a des congrès et c'est important mais ça veut dire que ça permet de faciliter.

C'est très complémentaire quoi. Là où avant la seule formation possible c'était présentiel, c'était de se déplacer pour être formé en direct et avoir accès aux connaissances alors c'est pas non plus quelque chose qui se prête à toutes les techniques mais c'est très complémentaire car ça permet de réduire en fait le temps passé en formation présentielle. En fait c'est se dire que quand on rentre chez soi le soir on se pose une petite heure et on regarde la vidéo, on peut la regarder en 2 fois si on a pas le temps et là où avant on aurait pas eu le temps de se former bah là on a le temps de l'intégrer dans son quotidien quoi.

### **Pour résumer, c'est l'aspect répétition et le fait de pouvoir recommencer la vidéo qui est intéressant ?**

C'est ça, c'est ça. C'est visualiser plusieurs fois si on n'a pas compris quelque chose et ça c'est super utile d'avoir enfin moi je trouve que le support de e-learning comme ça c'est c'est hyper intéressant. Mais en plus moi sur ma formation j'ai une bonne partie de mon enseignement qui était disponible en e-learning donc j'avais des cours où les profs étaient filmés avec le PowerPoint qui était en direct et on avait la voix et en fait ça permet de réécouter des cours sur des sujets qu'on a mal maîtrisé la première fois et ça ça change tout. Enfin moi je trouve que ça change et que ça fait une énorme différence.

### **Une énorme différence par rapport au gain de temps ?**

Non par rapport à la facilité en terme d'efficacité en fait. Parce que globalement quand on fait une journée de formation qui commence à 8h le matin et qui se termine à 18h on sait tous que la mémorisation effective des fois elle est bien mais des fois c'est 3%. Donc ça, ça veut dire qu'en dehors des notes qui ont été prises... excusez-moi... (téléphone). Excusez-moi, où on en était ?

### **Vous me parliez de l'intérêt pour vous de la formation à distance et du e-learning dans la formation médicale.**

Oui voilà parce que je pense que du coup ça permet de fragmenter un petit peu parce que quand on fait de la formation traditionnelle on est obligé de rassembler plusieurs personnes en une seule fois et de condenser les cours parce qu'on a des contraintes organisationnelles et donc c'est des journées complètes et c'est super éprouvant, à la fin de la journée on est farcie et sur les derniers cours des profs qui font les cours l'après-midi bah ils se rendent bien compte qu'on est plus aussi attentif donc le rendement de ces séances là je pense, empiriquement comme ça, que c'est pas du tout le même que le rendement d'une séance d'e-learning pour laquelle on peut revenir, on peut écouter à la carte, on peut choisir d'en écouter une demi-heure tel jour et on peut choisir de l'écouter quand on a envie de l'écouter c'est-à-dire quand on est mentalement disponible et motivé pour s'y intéresser et je pense que le rendement il est complètement différent enfin pour moi personnellement il est complètement différent. En tout cas j'ai la sensation que c'est beaucoup plus efficace et j'y trouve plus de plaisir aussi parce que ça me permet d'être plus confortable enfin on peut se mettre dans son canapé et on est dans des meilleures conditions mais encore une fois ça remplace pas un minimum de formations présentielles mais je pense que les 2 doivent s'articuler.

## **Pourquoi et comment s'articuler ?**

Parce que c'est assez difficile pour l'ensemble de notre spécialité de remplacer le contact humain direct. En fait le distanciel à un moment donné il a ses limites sur les questions qu'on souhaite poser, sur se rendre compte d'une situation en particulier par exemple mais après il y a d'autres outils qui, nous par exemple en anesthésie-réanimation à partir d'une certaine génération on a commencé aussi à être formé avec de la simulation mais ça c'est pareil c'est un outil qui est incroyable c'est-à-dire que c'est pas du e-learning mais c'est pas... nous avant, il y a 30 ans la première fois c'était sur malade, là on est dans une simulation où la première fois c'est sûr mannequin avec des mannequins très perfectionnés, avec des scénarios qui ont été vraiment élaborés, pensés et qui nous mettent en situation quasi réelle et ça permet un entraînement avant la première fois sur un malade.

Et ça, ça a été notamment testé pour l'intubation difficile dans ce qui me concerne et ça a montré une progression énorme parce qu'en fait il y a des situations rares mais graves en médecine et en fait bah on y est confronté que très rarement et quand on y est confronté si on n'est pas performant c'est dramatique et en fait le fait d'être confronté là-dessus en simulation ça compense, ça corrige le problème qu'il y avait avant c'est à dire qu'on provoque l'événement en simulation et comme ça on s'est entraîné alors qu'avant l'événement était tellement rare que c'était difficile d'être performant sur le moment, même si on était compétent quoi.

Donc en ce qui concerne notre travail pour avoir un maximum d'efficacité il y a probablement une articulation à trouver entre les cours traditionnels de base fondamentale, de théorie ce qui va être explication de biochimie enfin voilà des choses qui peuvent pas être illustrées en pratique et des séances de simulation, des séances d'e-learning et donc l'articulation de ces différents modes de formation c'est probablement ce qui est le plus efficace. Puis c'est ce qu'on voit dans les formations par exemple moi j'ai fait des formations notamment en hypnose thérapeutique et on voit bien justement que dans des structures où ils sont très penchés sur la pédagogie bah en fait on a jamais une journée où on a que des cours magistraux toute la journée, ça n'arrive jamais c'est à dire qu'on a un peu de cours magistraux, on a des cours en vidéos, on a de la mise en pratique et du coup ça nous maintient constamment éveillé et c'est beaucoup plus stimulant et il y a un meilleur rendement d'enseignement. Donc une vraie combinaison des 2, 3, 4 méthodes et ne pas rester fixé sur une méthode en particulier.

Et puis aussi il ne faut pas que ce soit des séances trop longues c'est-à-dire que oui 2h d'enseignement c'est trop long. Parce que forcément l'attention elle décroît donc il faut varier une demi-heure d'enseignement hop on passe par la technique hop ensuite on fait autre chose et comme ça ça maintient le niveau d'attention.

**La réalité virtuelle est un nouvel outil technologique, avez-vous déjà pu faire l'expérience de la réalité virtuelle.**

Dans la formation ?

**Dans la vie personnelle, professionnelle, la formation... ce que vous voulez.**

Personnellement moi j'ai un copain qui a un jeu vidéo et voilà donc j'ai utilisé le casque de réalité virtuelle et j'ai trouvé ça bluffant. Après professionnellement, la réalité virtuelle je ne crois pas, j'ai jamais essayé non j'ai jamais essayé professionnellement enfin après c'est autre chose mais on a des casques de réalité virtuelle pour des patients mais c'est pas du tout de la formation et c'est pas du tout dans mon exercice professionnel parce qu'on les met aux patients pour qu'il puisse être déconnecté et pour gérer l'anxiété pour remplacer un traitement contre l'anxiété.

**Que penseriez-vous de la réalité virtuelle dans la formation ?**

Je pense que c'est un outil supplémentaire qui est super intéressant et qui peut parfaitement s'intégrer dans notre pratique et qui doit être nuancé comme tout ce qu'on fait c'est à dire qu'on a des outils et faudra avoir des outils de réalité virtuelle, faudra avoir des outils numériques, des outils de simulation et je pense que c'est une corde supplémentaire à notre arc et c'est très bien. Il y a plein de perspectives intéressantes en fait avec la réalité virtuelle et c'est toujours pareil tout ne s'y prêtera pas mais il y a plein de choses qui seront intéressantes avec ça.

**Tout à l'heure vous avez mentionné la répétition, la manipulation et la simulation qui sont importantes pour vous dans la formation médicale. La réalité virtuelle combine ces aspects, pensez-vous que c'est adapté à la formation aux dispositifs ?**

Oui totalement et je pense même que c'est adapté à la formation en générale et pas qu'aux dispositifs médicaux, moi ça me paraît très adapté.

**Est ce que ça correspond à l'idée de ce que vous avez avec le learning c'est-à-dire le choix du moment de formation, de le faire quand on le souhaite, de le refaire ?**

Oui en plus ça permet de le faire à la carte en fait. C'est toujours l'idée de dire qu'on peut se former quand on est dans les meilleures dispositions, ça permet d'apprendre quand on est dans les meilleures dispositions pour apprendre, ça permet de rentabiliser. Je suis assez attaché à l'idée de rentabiliser la formation donc de ne pas perdre du temps à faire de l'enseignement où à un moment donné c'est pas adapté de le faire ou d'une façon inadaptée et donc obliger quelqu'un à s'asseoir tel jour pendant une matinée entière à écouter des cours et en fait tout le monde perd son temps : l'enseignant perd son temps parce qu'il vient là pour enseigner et ce qu'il dit ne va pas être mémorisé, l'étudiant perd son temps parce que même s'il met de la bonne volonté il va pas mémoriser ce qui se passe et ben donc c'est une perte de temps générale et ça c'est pas efficient. Alors que quand on a des supports qui sont plastiques comme ça et qu'on peut utiliser à la demande et au meilleur moment on a un bien meilleur rendement et ça je trouve que c'est très utile.

### **Et toujours dans l'idée que ce soit complémentaire ?**

Oui, ça doit jamais être exclusif. En tout cas c'est toujours pareil moi je parle de ce que je connais mais on fait un travail où c'est inenvisageable de perdre le compagnonnage humain c'est-à-dire que c'est impossible que tout l'enseignement soit numérique, virtuel, détaché et je sais pas quel pourcentage ça pourra représenter mais moi j'ai apprécié toutes ces techniques là mais en fait 90% de ma formation ça été au lit du malade, dans les services, près des patients en travaillant donc voilà c'est 90%. Donc moi en ce qui me concerne toute cette formation là en fait c'est une formation qui a toujours été minoritaire par rapport à la formation qu'on a quand on travaille la journée à l'hôpital. C'est une formation qui remplace le fait qu'on soit sur les bancs de la fac une fois qu'on est formé mais par exemple ça me paraît inenvisageable d'avoir une formation qui serait, en tout cas dans notre travail, majoritairement dématérialisée.

C'est nécessaire mais c'est impossible que ce soit exclusif donc après il y a tout un dosage à trouver bien sûr, il faut pouvoir s'entraîner de toute façon avant d'aller sur patient. Avant ça c'était pas possible, c'était impossible ça n'existait pas, il y a 20 ans on faisait directement sur patient. On faisait pas forcément courir de risques aux patients non plus mais c'est à dire qu'en fait on faisait une première sur le patient à 4 mains, on était pas seul, il y avait le médecin expérimenté qui était là et qui tenait la main sur ce qu'on faisait et qui ne perdait pas une miette de ce qui se passait quoi et ça ne voulait pas dire que le patient était mal pris en charge à ce moment-là mais c'était pas la même façon d'enseigner quoi.

Aujourd'hui la formation numérique c'est un plus puisque tu auras toujours une première fois sur le patient même si on a fait 2h de simulation, 2h de réalité virtuelle tout ça à un moment donné il y a toujours une première fois et c'est jamais la même chose quoi donc il y aura toujours une première fois sur patient mais on sera mieux préparé cette fois.

**Si je résume, pour vous la formation numérique permet de préparer le terrain avec le e-learning, la réalité virtuelle mais toujours aussi un peu de formation présentielle et tout ça pour créer une base avant d'aller sur patient.**

C'est ça et ça permet de gagner du temps aussi. C'est par exemple typiquement la mise en place de l'appareil d'échographie c'est à dire que si avant il y a 2, 3 vidéos de tutoriel qui sont mises en place et présentées au médecin qui vont utiliser l'appareil et que nous de notre côté on met de la bonne volonté, on visualise les vidéos et puis une fois qu'on... alors c'est pareil il faut pas qu'il y ait de 40 vidéos mais s'il y a 3 vidéos pour présenter l'appareil et les fonctionnalités principales et ben le jour où il y a un ingénieur d'application qui vient comme on aura vu la vidéo ça permettra d'aller directement à l'essentiel et de ne pas reprendre les trucs de base qui ont été vus facilement sur la vidéo. Ça permet d'optimiser encore une fois le rendement de la formation de nos jours et au lieu de passer 1h de formation on a peut-être besoin de passer que 25 min parce qu'on va être directement sur les points importants et du coup les questions sont déjà posées c'est à dire qu'on s'est déjà posé des questions.

Et donc c'est ça, l'enseignement en direct doit être ciblé. On avait un professeur de physiologie qui disait "moi mon cours il est pas exhaustif, je vais juste vous parler des trucs difficiles à comprendre, le reste c'est déjà écrit dans votre cours donc moi mon travail c'est que je ne vais pas vous faire le cours je vais juste passer du temps sur les choses dont je sais que ça va être difficile à comprendre" et c'est exactement le même principe c'est à dire que le travail, le rôle de la formation directe c'est de s'attarder sur les choses critiques, sur les choses complexes, sur les choses où faut justement le rapport humain, les questions immédiates, les réponses et la fluidité du rapport pour que ce soit efficace et le comment allumer l'appareil, comment choisir une sonde etc tout ça ça si ça peut être fait autrement on l'évacue et on se concentre sur le coeur du sujet, c'est ça l'idée un petit peu.

**Quand vous regardez des vidéos généralement on ne manipule pas est-ce que ça pourrait manquer cet aspect-là dans la vidéo et qui pourrait par exemple être compensé avec le casque de réalité virtuelle ?**

Ah ça je pense que c'est difficile parce que pour le coup en échographie ça fait partie des examens de radiologie qui sont vraiment opérateurs dépendants c'est à dire qu'il y a une courbe d'apprentissage. Autant par exemple on peut apprendre à lire une radio ou un scanner uniquement sur un ordinateur mais c'est impossible d'apprendre à faire une échographie. À l'heure actuelle, enfin en tout cas avec les outils actuels, c'est très difficile d'apprendre à faire de l'échographie sur un ordinateur alors peut-être qu'un jour on aura une technologie de réalité virtuelle qui sera tellement évoluée que ça recréera exactement les mêmes sensations de la sonde dans la main, le patient qui respire... Mais nous quand on fait de l'échographie on cherche par exemple à voir l'aiguille en échographie et ça se joue au millimètre donc en fait dans notre formation c'est presque ce qu'il y a de plus long et plus difficile à apprendre. Une fois qu'on a appris à manier ce couple échographe-aiguille, l'apprentissage des autres techniques d'anesthésie loco-régionale va beaucoup plus vite parce qu'en fait on a ce préalable là et ça c'est vraiment quelque chose qui nous ne peut s'apprendre, parce que c'est tellement précis et c'est pas forcément très compliqué mais c'est un geste qui est tellement fin et précis que ça ne peut s'apprendre qu'en direct pour l'instant.

Et je pense que de retrouver ces sensations là et je ne parle que pour l'échographie ou d'autres gestes comme l'intubation enfin les gestes techniques au patient c'est très compliqué de recréer ça en vrai. On a vu nous on a travaillé sur des mannequins bah en fait même les mannequins très très perfectionnés c'est pas simple mais en fait ça apporte l'avantage de nous faire manipuler le matériel c'est à dire bah oui il faut qu'on appuie sur ce bouton là, faut qu'on pense à ça etc donc ça va nous permettre de manipuler le matériel mais ça remplacera pas le patient quoi c'est trop difficile à reproduire. En tout cas moi j'ai jamais vu un outil qui permet de reproduire de manière suffisamment proche pour que ça soit intéressant.

**Du coup ce serait plutôt pour tout ce qui est procédural ou théorique par exemple, pour l'échographie d'apprendre à sélectionner une sonde par vidéo ou par réalité virtuelle ?**

Pour le coup je suis pas sûr que la réalité virtuelle apporte une plus-value par rapport à la vidéo enfin pour l'exemple que vous prenez. La réalité virtuelle c'est un super outil mais j'imagine que ça demande un bagage technique et logistique qui est beaucoup plus important qu'une vidéo classique donc ça veut dire qu'utiliser un outil comme la réalité virtuelle pour quelque chose qui en fait est suffisamment bien décrit avec une vidéo classique je suis pas sûr que ce soit indispensable.

Après je pense que voilà un outil comme la réalité virtuelle faut vraiment... Nous on l'utilise encore une fois pour des patients pour les immerger et les distraire de ce qui est entrain de se passer et ça prend la place d'un traitement anxiolytique. Après pour la formation, la réalité virtuelle pure sans simulation... je ne sais pas exactement dans quel... c'est pas évident de savoir enfin c'est sûr qu'on peut l'appliquer mais là comme ça spontanément j'ai pas forcément l'idée.

Je pense que ça peut être intéressant sur le parcours patient par exemple. C'est un petit peu loin de ce qui nous préoccupe, arrêtez-moi si c'est pas le sujet mais beaucoup ont travaillé sur l'accueil d'un patient au bloc opératoire parce qu'en fait on accueille les gens et on a l'impression que ce qu'on fait c'est bien alors en fait on génère un stress comme ça parce qu'on se rend pas compte qu'en fait le patient il arrive dans le bloc, il est installé dans un brancard alors qu'il est capable de marcher, les gens ils disent pas bonjour et du coup il a l'impression d'être isolé, on arrive on lui pose le dossier sur les genoux alors qu'il a pas envie, il voit un patient qui sort intubé, qui tousse, qui a mal, qui crie, il entend le bruit d'une scie parce qu'on est en train de mettre une prothèse etc... et en fait nous qui travaillons là-dedans quotidiennement bah on fait plus attention à ça et on se rend pas compte qu'on est en train d'agresser le patient alors qu'on veut bien faire. Et il y avait des étudiants de Grenoble qui avaient fait une vidéo très intéressante où en fait ils avaient mis une go pro sur le patient et on voyait tout du point de vue du malade. Et donc d'abord une vidéo avec tout ce qu'il ne fallait pas faire et ensuite une vidéo avec tout ce qu'il fallait bien faire et là on se prenait une claque parce qu'on se rendait compte qu'il y avait plein de choses à améliorer. Et ça par exemple je pense que la réalité virtuelle dans ce contexte-là ça pourrait être intéressant mais ce n'est pas forcément facile à mettre en place mais moi je pense que ça ça peut avoir une part très intéressante mais là comme ça spontanément j'ai pas d'idée.

**Oui c'est difficile de se projeter, après tout on parle de virtuel.**

Oui bien sûr. Mais euh encore une fois il faut aussi que l'outil soit adapté à l'enseignement. Je pense qu'il ne faut pas qu'on tombe dans le piège de vouloir absolument mettre de la réalité virtuelle ou de la technologie dans un enseignement où ça ce serait superflu parce que du coup ça serait contre-productif.

**Je suis d'accord. Et il existe de la documentation qui montre que quand on apprend par la réalité virtuelle on apprend mieux parce qu'on peut s'entraîner virtuellement, c'est un peu ludique...**

Et c'est plus immersif.

**Oui aussi et le but par rapport à une vidéo où on est plutôt passif, bah avec la réalité virtuelle qui nous immerge on est plus actif parce qu'on doit manipuler même si c'est virtuellement. Et en fait on est plus dans une idée de se responsabiliser parce qu'on intervient et c'est ça qui aide à l'apprentissage.**

Oui bien sûr mais je pense encore une fois qu'il faut graduer la complexité des apprentissages auxquels on s'adresse. C'est-à-dire qu'un apprentissage simple par exemple la sélection d'une sonde pour moi ça c'est quelque chose d'enfantin. Par contre, mettre de la réalité virtuelle je pense que ça va avoir une plus-value sur un apprentissage complexe. Je me dis là quand les pilotes d'avion font des techniques sur de la réalité virtuelle c'est parce qu'ils en ont besoin parce que s'ils font une vidéo et ils disent voilà si jamais il y a un moteur qui lache faut que je pense à faire ça bah ça va pas leur parler alors que s'ils sont immergés ce sera beaucoup plus constructif.

Donc je pense que la réalité virtuelle ça s'adresse à des apprentissages qui sont un petit peu plus complexes que ce qu'on décrivait initialement. Spontanément je repartirai un petit peu plus comme ça.

**Qu'en pensez-vous par exemple en chirurgie ?**

C'est pareil en chirurgie faut savoir sur quoi parce que bon on a le même problème du geste et de la précision du geste qu'on a avec l'échographie. Mais par contre ça peut être un préalable.

**Oui toujours dans l'idée du préalable.**

Oui bien sûr mais je pense que ça peut être très utile en chirurgie parce qu'en plus en chirurgie il y a un autre problème qui se pose, à nous aussi d'ailleurs, mais c'est qu'accéder à la formation en réel n'est pas toujours facile. C'est-à-dire que si vous prenez un chirurgien digestif qui a un interne enfin étudiant qui souhaite se former sur la chirurgie du pancréas parce que c'est une chirurgie complexe qui se fait pas très souvent et bien le jour où il y en a une bah il faut que le chirurgien soit là, il faut pas qu'il soit occupé, il faut que le chirurgien qui s'en occupe soit disponible pour lui expliquer, il faut pas qu'il y ait d'autres internes parce que s'ils sont 6 dans la salle ça n'aura pas d'intérêt, il faut qu'il voit ce qui se passe et en fait il y a un problème d'accessibilité en fait à cette formation.

Alors qu'effectivement si on vient faire des outils de réalité virtuelle sur ce type de choses ça permettra d'y être confronté et de compenser un petit peu ça probablement alors ce qu'on disait tout à l'heure c'est que ça ne remplacera pas mais par contre ça compensera. C'est aussi ce que je disais, sur les histoires de séminaires d'intubation difficile pour la simulation, c'est qu'on est devant une situation à laquelle on est rarement confronté donc on a matériellement pas facilement la possibilité de s'y former en vrai donc on crée la situation virtuellement pour pouvoir apprendre. C'est ça qui est intéressant de pouvoir créer virtuellement une situation d'apprentissage et des scénarios.

### **Du coup par rapport à tout ça, comment envisagez-vous la formation médicale de demain ?**

Je pense qu'il faut qu'il y ait une diversité des outils. Il faut que ce soit continu et permanent en fait ça veut dire qu'il faut fragmenter la formation le plus possible je pense donc il faut pas qu'il y ait 3 jours de formation tous les 2 ans mais il faut qu'il y ait une demie heure de formation par semaine par exemple. Parce que si on doit attendre l'année prochaine pour apprendre une technique bah ça fait un an pendant lequel les gens n'en bénéficient pas donc il faut que la formation elle soit continue avec des multi-outils, immersive et appétente aussi c'est-à-dire qu'il faut que les gens aient envie de se former parce que ça on le dit pas mais quand on est étudiant on est obligé de se former sinon on se plante aux partiels alors que quand on a finit ses études universitaires, qu'on est médecins installés et que personne vient vérifier qu'on se forme et bah faut avoir envie de se former donc faut que la formation elle fasse envie, il faut qu'elle soit agréable.

Alors on a pas envie d'avoir des gens qui viennent... parce que la réponse à ça c'est d'avoir la tendance de venir nous encadrer, de nous fliquer un petit peu pour vérifier qu'on

se forme et de dire si vous vous formez pas vous aurez pas vos accréditations. Donc ça c'est une réponse coercitive qui n'est pas adaptée quoi donc ce qu'il faut c'est une formation qui soit la plus facile possible à mettre en place, qui soit ludique et il faut pas avoir peur des nouveaux outils dans le sens où ça choque par rapport à la tradition donc faut que ça ait une appétence.

Et là justement les outils numériques et virtuels ont leur importance par rapport à ça. C'est vachement plus sympa de regarder une vidéo qui est bien faite plutôt que de prendre un bouquin de 700 pages sur l'échographie.

**Si demain vos pratiques changent et vous passez à la réalité virtuelle comment réagiriez- vous ?**

Alors ça dépend de la réalité virtuelle mais je pense que ça ce serait plutôt intéressant après c'est pareil c'est à dire que je ne me vois pas passer du 0% à 100% réalité virtuelle mais je dirais plutôt de venir intégrer la réalité virtuelle dans mon quotidien moi ça m'intéresse. J'ai peu de connaissances sur le sujet mais je pense qu'on fait un métier qui s'y prête très bien.

**Merci beaucoup pour cet échange.**

De rien merci à vous.

---

## LE FUTUR DU MÉTIER D'INGÉNIEUR D'APPLICATION : LA RÉALITÉ VIRTUELLE, NOUVEL OUTIL DE FORMATION À DISTANCE DANS LA SANTÉ

L'**ingénieur d'application** occupe une place importante dans la **formation continue des professionnels de santé** aux **dispositifs médicaux**. Au cours des années, différents enjeux organisationnels et économiques sont apparus impactant cette formation. Les outils pédagogiques numériques tels que la **réalité virtuelle** et le **VD-learning** pourraient révolutionner la formation. Par conséquent, il a semblé pertinent de s'interroger sur le futur de l'ingénieur d'application et des apports du VD-learning dans son quotidien. Pour cela, une **étude qualitative** a été menée auprès des professionnels de santé et des ingénieurs d'applications. Les résultats ont permis d'établir des recommandations. Conserver le **présentiel**, utiliser des outils de **formation à distance** et intégrer le **VD-learning** sont les principaux éléments du plan d'action destiné aux ingénieurs d'application pour **optimiser** leur formation.

**Mots-clés : dispositifs médicaux, étude qualitative, formation à distance, formation continue des professionnels de santé, ingénieur d'application, optimiser, présentiel, réalité virtuelle, VD-learning**

---

## THE FUTURE OF THE CLINICAL APPLICATION SPECIALIST : VIRTUAL REALITY, A NEW TOOL FOR DISTANCE LEARNING IN HEALTHCARE

The **clinical application specialist** is an important actor in the **continuing training of health professionals** in **medical devices**. Over the years, different organizational and economic issues have emerged impacting this training. Educational tools such as **virtual reality** and **VD-learning** could revolutionize the training. Consequently, it was relevant to study the future of the clinical specialist and the advantages of VD-learning in his daily life. For this purpose, a **qualitative study** was conducted with several health professionals and clinical application specialists. The results have allowed us to establish recommendations. Maintaining **face-to-face**, using **distance learning tools** and integrating **VD-learning** are the main elements of the action plan for clinical application specialists to **optimize** their training.

**Key words: clinical application specialist, continuing training of health professionals, distance learning tools, face-to-face, medical devices, optimize, qualitative study, VD-learning, virtual reality**