

# Environnement virtuel de simulation dans la formation préclinique en Odontologie – ressentis et retours d’expérience des étudiants à l’utilisation d’un simulateur de réalité virtuelle avec et sans visiocasque

Valériane Loison, 2<sup>e</sup> année de thèse

Le Mans Université, CREN, F-53000 Laval, France  
valeriane.loison.etu@univ-lemans.fr

**Résumé** Ces dernières années, la réalité virtuelle intègre progressivement les formations notamment en Odontologie. Elle présente des spécificités propres et des environnements de plus en plus complexes. Cet article présente une définition de la réalité virtuelle, la présentation du programme de recherche EVAGO (Environnement Virtuel pour l’Apprentissage du Geste en Odontologie) et les résultats d’une enquête exploratoire.

**Mots clés :** odontologie, simulation, réalité virtuelle, formation, immersion

## 1 Introduction

L’intégration de la simulation dans les activités pédagogiques des formations professionnelles, notamment à travers les travaux pratiques (TP), est une pratique établie depuis longtemps. Cette approche permet l’acquisition des gestes techniques par le biais de l’expérimentation et de l’entraînement au sein de « *situations qui vont servir à l’acquisition des compétences professionnelles mobilisées dans l’activité* » [1]. Ces dernières années, un nouveau type de simulation a émergé dans le domaine de la formation : la simulation par la réalité virtuelle. Déjà présente dans des secteurs tels que l’industrie, l’artisanat, l’aéronautique et la santé, elle se décline en divers dispositifs et équipements, en faisant ainsi un sujet d’étude spécifique à chaque contexte. Finalement, comment se définit la réalité virtuelle ? De quoi est-elle constituée ? Quels sont les ressentis et retours d’expériences quant à son utilisation en formation ?

Le projet de recherche EVAGO (Environnement Virtuel pour l’Apprentissage du Geste en Odontologie) se concentre sur l’amélioration fonctionnelle d’un simulateur de réalité virtuelle dédié à la formation des chirurgiens-dentistes à la faculté d’Odontologie de Nantes. Ce projet vise également la création de scénarios pédagogiques adaptés à l’utilisation de la réalité virtuelle dans le contexte spécifique de la formation en odontologie. Nous verrons tout d’abord une définition de la réalité virtuelle, ensuite la présentation du projet EVAGO et du simulateur étudié, suivis des résultats d’une enquête

exploratoire menée auprès des étudiants, évaluant leur expérience d'utilisation du simulateur avec et sans visiocasque.

## 2 Réalité virtuelle : définition et spécificités

Il n'y a pas d'études empiriques comparables à propos de l'utilisation d'un même simulateur par la réalité virtuelle avec et sans visiocasque. Les études portent principalement sur la conception d'environnements virtuels différents adaptés aux formations ciblées et sur les impacts de ces derniers sur l'enseignement-apprentissage dans un contexte spécifique. Il n'y a pas ou peu d'études systémiques ou sur la manière d'intégrer les dispositifs techniques de réalité virtuelle dans la formation. Nous proposons donc dans cette partie un rappel de la définition de la réalité virtuelle ainsi que de ses équipements et spécificités.

### 2.1 Définition de la réalité virtuelle

La réalité virtuelle s'inscrit dans le domaine de recherche appelé XR, pour eXtended Reality ou Réalité étendue, englobant la Réalité Virtuelle (RV), la Réalité Augmentée (RA) et la Réalité Mixte (RM). La réalité augmentée permet d'afficher des informations virtuelles dans un environnement réel avec lequel l'utilisateur ne peut pas interagir. La réalité virtuelle est un environnement artificiel, réel ou imaginaire, avec lequel l'utilisateur peut interagir. La réalité mixte combine les caractéristiques de la RV et de la RA, fusionnant des environnements réels avec des informations virtuelles interactives [2]. Notre étude se concentre spécifiquement sur la réalité virtuelle, définie par Fuchs, Moreau, Berthoz et Vercher [3] comme 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* ». Les acteurs de ce domaine développent des technologies informatiques visant à créer « *une simulation numérique immersive et interactive* » [2] qui peut être « *imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel* » [4]. L'objectif est « *de permettre à une personne (ou à plusieurs)* » de réaliser « *une activité sensori-motrice et cognitive dans un monde artificiel créé numériquement* » [3].

### 2.2 Spécificités et équipements

Les environnements<sup>1</sup> virtuels reposent sur deux éléments caractéristiques : l'interaction et l'immersion. L'interaction se compose des actions de l'utilisateur sur la machine et de la machine sur l'utilisateur grâce à la boucle « *perception, cognition, action* » [3]. L'immersion se définit comme « *le degré avec lequel l'interface du système contrôle*

---

<sup>1</sup> Selon le concept défini par Bonfils (2012) de « *environnements immersifs de communication* » considérant que ces technologies sous forme de dispositifs participent à de « *nouvelles formes et mutations de la communication* ».

*les entrées sensorielles pour chaque modalité de perception et d'action » [5]. Selon Fuchs et al. [3], il existe trois niveaux d'immersion et d'interaction : sensori-moteur, cognitif et fonctionnel. Il existe un quatrième niveau à travers « l'immersion émotionnelle vécue par l'apprenant lorsqu'il est absorbé dans un récit ou une narration, mais cette forme d'immersion n'est pas caractéristique de l'expérience en VR, mais plutôt de la composante ludique ». L'immersion est associée au sentiment de présence qui est le sentiment de l'utilisateur à se trouver physiquement dans un monde virtuel à travers « l'illusion perceptive de l'absence de médiation » [6].*

La réalité virtuelle peut être composée de différentes interfaces et équipements. Selon Burkhadt [5], il existe quatre catégories de dispositifs d'interactions « *les dispositifs de capture de position et de mouvement (capteurs, gant, combinaison, etc.) ; les dispositifs de présentation visuelle (grand écran, casque, etc.) ; les dispositifs de retour proprioceptifs et cutanés (touché, chaleur, etc.) ; les dispositifs d'entrée et de présentation sonore (son spatialisé, reconnaissance vocale, etc.)* ». En fonction du type et du nombre de dispositifs mobilisés, l'utilisateur est plus ou moins immergé au sein de l'environnement virtuel : « *La VR peut se pratiquer sur différents dispositifs matériels provoquant plusieurs degrés d'immersion* » [7].

Les environnements virtuels peuvent être constitués de plusieurs dispositifs d'interaction et d'équipements. Aussi, leur utilisation peut varier en fonction de diverses situations, ce qui nécessite une approche spécifique pour les étudier dans leur contexte d'utilisation respectif. Dans la suite de l'article, nous vous présentons un programme de recherche qui a pour objectif d'étudier un de ces environnements dans le contexte de formation préclinique en odontologie.

### **3 Programme de recherche EVAGO, simulateur étudié et méthodologie de recherche**

#### **3.1 Présentation du programme de recherche EVAGO**

EVAGO pour Environnement Virtuel pour l'Apprentissage du Geste en Odontologie est un programme de recherche composé de trois laboratoires (CREN : Centre de Recherche en Education de Nantes ; LIUM : Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans ; RmeS : Regenerative Medicine and Skeleton), un partenaire industriel (HRV simulation) et le pôle hospitalo-universitaire de Nantes (PHU4). Ce consortium implique des chercheurs et doctorants dans les domaines de l'Odontologie, de l'Informatique et des Sciences de l'Information et la Communication. Ce projet a débuté au premier trimestre 2022 et se terminera au dernier trimestre 2025. Les objectifs du projet sont l'amélioration fonctionnelle du simulateur *Virteasy Dental*® notamment l'intégration d'un dispositif de capture de mouvement, et le développement de scénarios pédagogiques dans un cycle d'itération continue dans une perspective de « *réversibilité technico-sociale* » [8].

### 3.2 Présentation du simulateur Virteasy

La formation en Odontologie est constituée de trois cycles. La première année d'étude correspond à la première année d'étude commune en Santé. Le premier cycle correspond à la formation préclinique des étudiants en 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> année à travers l'apprentissage des gestes et protocoles élémentaires. Le deuxième cycle correspond à la formation clinique des étudiants en 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> année et permet l'approfondissement des connaissances et la réalisation de soins dentaires auprès de patients. Le troisième cycle permet aux étudiants de 6<sup>ème</sup> année de perfectionner et évaluer leurs pratiques professionnelles, mais aussi se préparer à leur futur exercice professionnel. Dans la formation préclinique en Odontologie, les étudiants s'entraînent à la réalisation des actes de chirurgie dentaire grâce aux travaux pratiques dispensés. Les gestes techniques sont réalisés sur le simulateur conventionnel appelé « fantôme ». Il s'agit d'un modèle de mannequin comprenant une tête où peuvent être insérés des modèles de mâchoires.

Ces dernières années, des simulateurs numériques s'intègrent en complément des mannequins notamment des simulateurs exploitant la réalité virtuelle. *Virteasy Dental*<sup>®</sup> (figure 1), élaboré par la société HRV, est un de ces simulateurs conçus pour les étudiants et enseignants dans le but d'acquérir les compétences techniques liées aux soins dentaires. Ce simulateur se compose d'un environnement comprenant une tour d'ordinateur, deux écrans de visualisation, un visiocasque et un bras haptique. Ce dernier reproduit virtuellement l'instrument rotatif du chirurgien-dentiste et, par retour de force sur la main, recrée les sensations ressenties lors d'un acte dentaire. En outre, il inclut un tabouret mobile, une pédale et un outil miroir pour se rapprocher de la réalité de l'environnement du chirurgien-dentiste.



**Fig. 1.** Simulateur Virteasy Dental<sup>®</sup>

*Virteasy Dental*<sup>®</sup> peut être utilisé à travers différents degrés d'immersion. En effet, l'étudiant peut réaliser les exercices proposés dans le monde virtuel avec ou sans visiocasque, mais toujours avec le dispositif à retour d'effort. Ce simulateur propose différents modules allant de la familiarisation, c'est-à-dire les gestes techniques élémentaires à des exercices plus complexes de soins dentaires.

### 3.3 Présentation de la méthode de recueil de données en phase préliminaire de la recherche

Au cours du premier semestre 2023, une étude préliminaire a été menée auprès de 90 étudiants, sur un total de 94 étudiants en troisième année de chirurgie dentaire à la Faculté d'Odontologie de Nantes. Cette étude a été menée en collaboration avec le laboratoire RmeS qui s'est intéressé à l'impact de l'immersion totale en simulation haptique sur l'acquisition des compétences en dentisterie préclinique à travers une étude comparative. Les étudiants ont été répartis pour l'expérimentation en deux groupes de 45 (figure 2). Cette étude a été conduite en deux phases distinctes : le premier groupe (G1) a débuté avec des séances de simulation sans visiocasque, puis avec visiocasque. Le second groupe (G2), quant à lui, a commencé les séances avec le simulateur équipé du visiocasque, puis sans le visiocasque. Chacun des groupes a été soumis aux deux phases, effectué le même exercice tout au long de l'étude, avec deux essais par phase. Il est important de noter que tous les étudiants avaient une expérience préalable de la simulation conventionnelle, et certains avaient déjà utilisé le simulateur *Virteasy Dental*<sup>®</sup> au cours de leur premier semestre de formation.

	G1	G2
Phase 1	S1SC	S1AC
Phase 2	S2AC	S2SC

**Fig. 2.** Tableau de présentation des phases et séances de l'étude

(G1) S1SC : 1<sup>ère</sup> séance sans casque de réalité virtuelle    S2AC : 2<sup>ème</sup> séance avec casque de réalité virtuelle  
 (G2) S1AC : 1<sup>ère</sup> séance avec casque de réalité virtuelle    S2SC : 2<sup>ème</sup> séance sans casque de réalité virtuelle

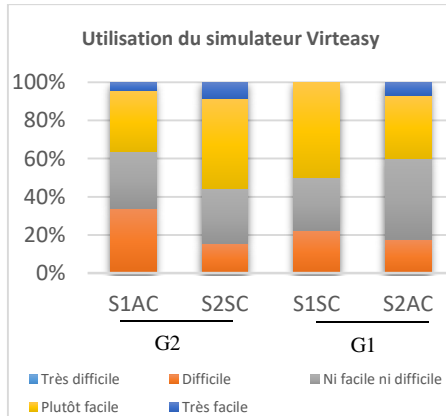
Concernant notre équipe CREN, nous avons mené une enquête quantitative par questionnaire auto administré afin de recueillir les ressentis et retours d'expérience des étudiants. Il a été construit à partir de l'échelle d'acceptation instrumentale appliquée aux TICE « Tam\_INJ » [9]. Un premier questionnaire a été distribué à l'issue des séances sans visiocasque et un questionnaire à l'issue des séances avec visiocasque. Nous avons collecté 174 réponses, dont 44 S1AC, 45 S2SC, 40 S1SC et 45 S2AC. L'analyse des données a été réalisée selon un tri à plat. Les résultats sont présentés selon quatre volets : la facilité d'utilisation globale, les préférences d'utilisation, les suggestions d'améliorations et les propositions d'usage.

## 4 Résultats

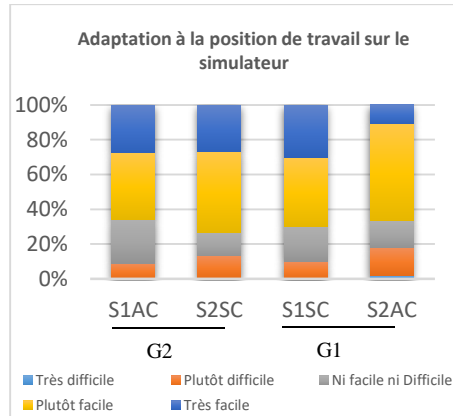
### 4.1 Une facilité d'utilisation globale

Ce premier volet présente les résultats concernant la facilité d'utilisation du simulateur *Virteasy Dental*<sup>®</sup> par les étudiants. Comme l'illustre la figure 3, le passage du simula-

teur sans visiocasque (S1SC) à celui avec visiocasque (S2AC) a entraîné une diminution de la perception de facilité d'utilisation. À l'inverse, le passage du simulateur avec visiocasque (S1AC) à celui sans visiocasque (S2SC) a augmenté la perception de facilité d'utilisation. Il en est de même pour l'adaptation à la position de travail imposée par le simulateur (figure 4).

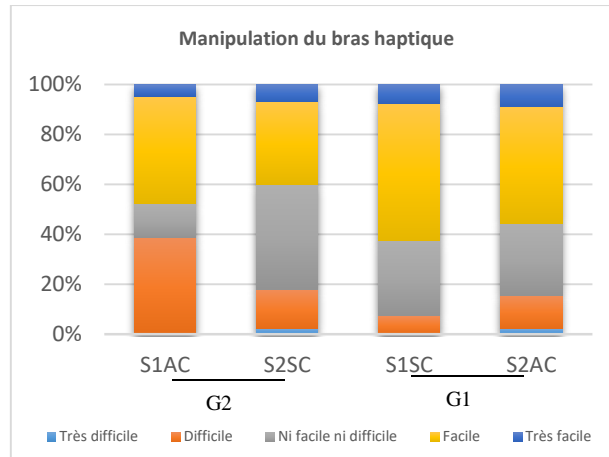


**Fig. 3.** Facilité d'utilisation du simulateur Virteasy

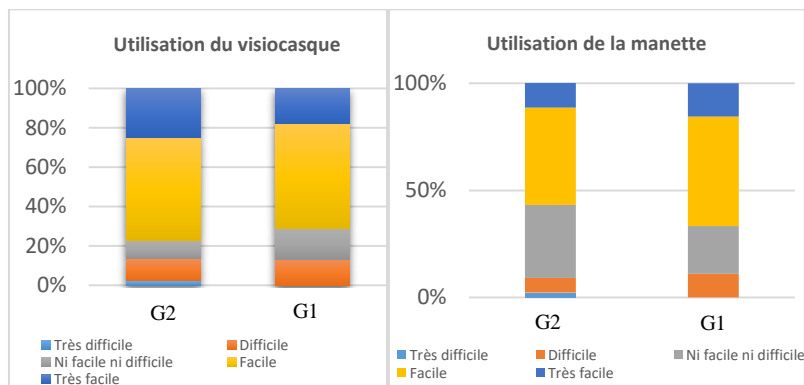


**Fig. 4.** Facilité d'adaptation à la position de travail sur le simulateur

En ce qui concerne la manipulation du bras haptique (figure 5), lors de la phase 1, nous voyons que le groupe 1 déclare en majorité facile l'utilisation du bras haptique alors que le groupe 2 à des avis bien plus partagés entre difficile et facile. Lors de la phase 2, la facilité d'utilisation diminue pour le groupe 1 au passage du simulateur sans visiocasque au simulateur avec visiocasque l'ont jugée difficile. À l'inverse pour le groupe 2, il y a une nette diminution des étudiants jugeant difficile la manipulation du bras haptique à l'utilisation du simulateur sans visiocasque. Dans l'environnement avec visiocasque, la facilité à utiliser le visiocasque (figure 6) et la manette (figure 7) obtiennent de bons résultats. La majorité des étudiants trouvent facile ou très facile leur utilisation.



**Fig. 5.** Facilité de manipulation du bras haptique



**Fig. 6.** Facilité d'utilisation du visiocasque

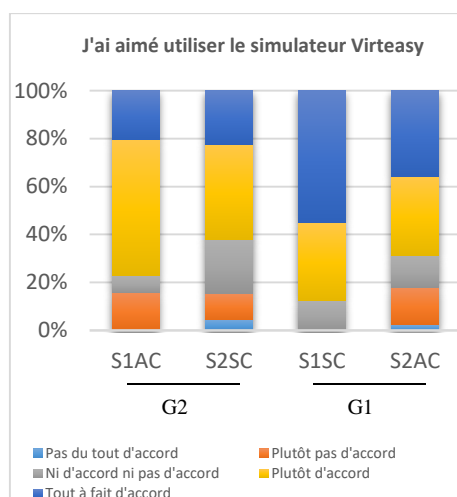
**Fig. 7.** Facilité d'utilisation de la manette

Nous pouvons dire que les étudiants ont un avis partagé quant à l'utilisation du simulateur *Virteasy Dental*<sup>®</sup> en lien avec l'utilisation ou non du visiocasque. L'utilisation de ce dernier a un impact négatif sur la perception de la facilité d'utilisation globale, mais aussi sur la manipulation du bras à retour d'effort.

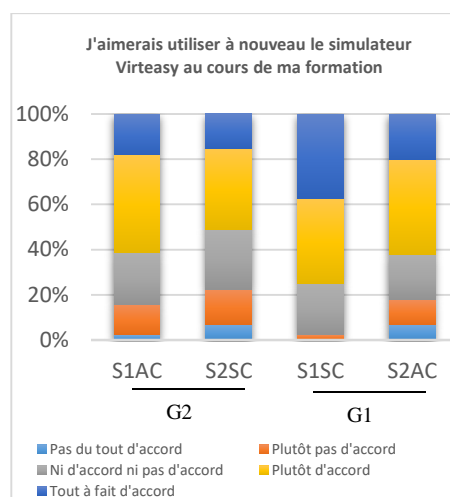
#### 4.2 Des préférences d'utilisation

Ce deuxième volet de résultats porte sur les ressentis des étudiants quant au réalisme des sensations du simulateur *Virteasy Dental*<sup>®</sup>, mais aussi leurs préférences d'utilisation avec ou sans visiocasque. À l'issue de la première phase, la majorité des étudiants que ce soit pour le groupe 1 ou le groupe 2 ont aimé utiliser le simulateur (figure 8). À l'issue de la seconde phase, l'ensemble des chiffres sont en baisse, mais restent positifs. Nous remarquons tout de même que les résultats sont globalement meilleurs pour le

groupe 1 qui a débuté par l'utilisation du simulateur sans visiocasque. De même, la majorité des étudiants des groupes 1 et 2 déclarent souhaiter à nouveau utiliser le simulateur au cours de leur formation (figure 9) avec une légère baisse des avis positifs lors de la deuxième phase.



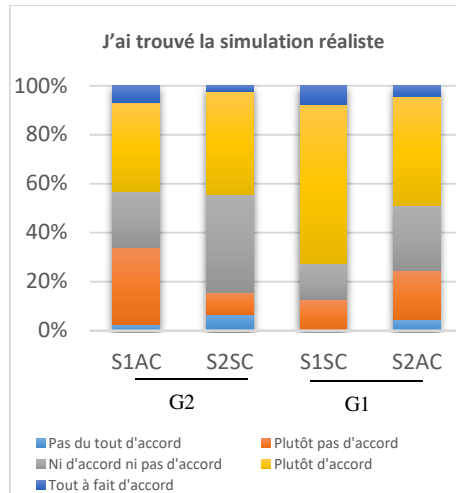
**Fig. 8.** Appréciation d'utilisation du simulateur



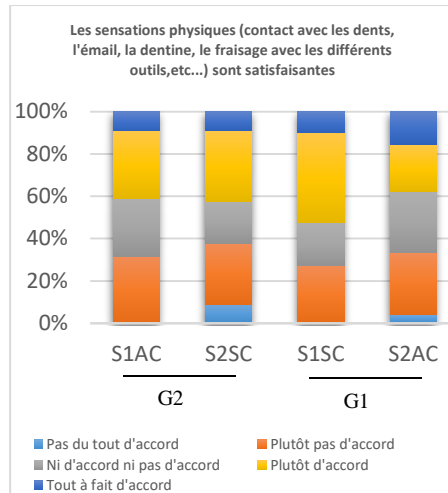
**Fig. 9.** Souhait d'utiliser à nouveau le simulateur au cours de la formation

Concernant le réalisme de la simulation, nous constatons que l'utilisation du visiocasque a un impact sur la perception de réalisme de la simulation. En effet, les résultats (figure 10) se sont améliorés au passage de l'utilisation du simulateur avec visiocasque à sans visiocasque (groupe 2) et diminués dans le cas inverse (groupe 1). Concernant, les sensations physiques (contact avec les dents, l'émail, la dentine, le fraisage avec les différents outils) issues du bras à retour d'effort (figure 11), les avis sont partagés. Nous constatons des résultats proches entre les étudiants qui trouvent les sensations physiques satisfaisantes et ceux qui les trouvent insatisfaisantes. Ce cas de figure se retrouve au sein des deux groupes. Cependant, le groupe 2 voit ses résultats stables entre la première phase à la seconde tandis que le groupe 1 voit une plus importante diminution de la satisfaction du ressenti des sensations physiques au passage de l'utilisation du simulateur avec visiocasque. L'utilisation du visiocasque semble donc également avoir un impact sur les sensations physiques ressenties à travers le bras à retour d'effort.



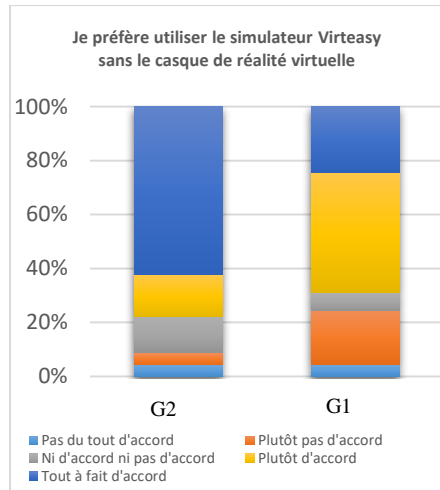


**Fig. 10.** Appréciation du réalisme de la simulation

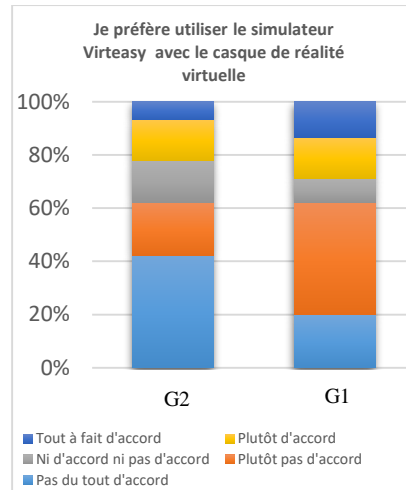


**Fig. 11.** Satisfaction du ressenti des sensations physiques

L'utilisation du casque de réalité virtuelle lors des premières séances semble avoir un impact sur l'expérience utilisateur notamment sur l'intention d'utiliser à nouveau le simulateur. De même, l'intégration du visiocasque en séance 2 pour le groupe 1 a diminué l'impression de réalisme et la satisfaction des sensations ressenties à travers le bras à retour d'effort. Il faut noter que 18.2% des étudiants du groupe 2 et 20% du groupe 1 déclarent des effets secondaires tels que de migraines, une vision floue, des vertiges, des nausées et des engourdissements. Un étudiant parle d'une « *sensation de perte de contrôle* », un autre d'une expérience « *similaire à la sortie d'un grand huit* ». Nous avons enfin demandé aux étudiants s'ils préfèrent utiliser le simulateur avec ou sans visiocasque. À ce stade, la majorité des étudiants souhaitent utiliser le simulateur sans visiocasque (figure 12) avec un avis beaucoup plus marqué pour le groupe 2. Nous avons posé la question inverse et là encore la majorité des étudiants déclarent préférer ne pas utiliser le visiocasque (figure 13).



**Fig. 12.** Préférence à utiliser le simulateur sans visiocasque



**Fig. 13.** Préférence à utiliser le simulateur avec visiocasque

Le calcul des moyennes est réalisé en attribuant un chiffre à chaque item sur une échelle de 1 à 5. 1 : très difficile/pas du tout d'accord ; 2 : plutôt difficile/plutôt pas d'accord ; 3 : ni facile ni difficile/ni d'accord ni pas d'accord ; 4 : plutôt facile/plutôt d'accord ; 5 : très facile/tout à fait d'accord. Les moyennes des différentes variables confirment les tendances observées.

	G1	G2
Facilité d'utilisation du simulateur Virteasy	3.29	3.28
Facilité d'adaptation à la position de travail	3.74	3.85
Facilité de manipulation du bras haptique	<b>3.55</b>	3.2
Facilité d'utilisation du visiocasque	3.76	3.86
Facilitation d'utilisation de la manette	3.71	3.57
J'ai aimé utiliser le simulateur Virteasy	<b>4.14</b>	3.73
Je souhaite à nouveau utiliser le simulateur Virteasy au cours de la formation	<b>3.84</b>	3.5
J'ai trouvé la simulation réaliste	<b>3.46</b>	3.19
Les sensations physiques sont satisfaisantes	3.25	3.11
J'ai préféré utiliser le simulateur Virteasy sans le casque	3.64	<b>4.27</b>
J'ai préféré utiliser le simulateur Virteasy avec le casque	<b>2.6</b>	2.24

**Fig. 14.** Tableau comparatif des moyennes des variables de l'étude exploratoire sur l'utilisation du simulateur *Virteasy Dental*® avec et sans visiocasque.

Globalement, à travers les résultats de ce deuxième volet, nous voyons que l'utilisation du simulateur avec visiocasque semble avoir un impact sur l'intention de l'utiliser

et le réalisme des sensations perçues. Les résultats sont globalement meilleurs lorsque le simulateur est dans un premier temps utilisé sans visiocasque et dans un second temps avec visiocasque.

### 4.3 Des suggestions d'améliorations

Ces résultats quantitatifs sont complétés par des questions ouvertes permettant de recueillir des verbatims. Ce troisième volet de résultat s'intéresse notamment aux suggestions d'améliorations du simulateur *Virteasy Dental*<sup>®</sup>. Elles peuvent être réparties en 4 axes :

1. La fidélité des sensations
  2. Les repères dans l'espace
  3. L'ergonomie
  4. Les fonctionnalités pédagogiques
- 
1. Les avis des étudiants sont partagés quant à la fidélité des sensations. Certains jugent que le simulateur de réalité virtuelle « *ne retranscrit pas les sensations réelles* » attendues alors que d'autres jugent « *la simulation très réaliste* ». Il est nécessaire pour les étudiants d'améliorer « *la sensibilité* », « *la réalité des sensations dans la main tenant le bras haptique* ». Malgré que la simulation soit jugée comme « *une bonne expérience à faire* », il manque des éléments de « *contexte, l'environnement du cabinet, la table de travail, les joues, la vision en direct* » pour améliorer le sentiment de réalisme. L'utilisation du simulateur avec le visiocasque est jugée comme une « *simulation plus réelle et concrète* » grâce à l'immersion mais moins « *réaliste* ». En fait, pour un étudiant « *l'utilisation du casque permet un meilleur réalisme, mais avec certaines contraintes* ».
  2. En effet, selon les étudiants, « *mettre le casque VR rend les aspects de profondeur plus difficiles à appréhender, les profondeurs sont plus faciles à repérer sans le casque, le contrôle semble plus aisé* » notamment pour « *bouger la dent et aller dans les parois plus facilement* ». Mais les avis sont partagés. Certains se repèrent « *mieux en 3D avec le casque* » alors que d'autres n'ont « *plus de repères* ». Les étudiants suggèrent « *d'améliorer la vision dans le casque* », la « *netteté de la vision* » et la gestion de la caméra ».
  3. L'ergonomie est aussi un point important soulevé par les étudiants avec par exemple une « *posture mal adaptée avec le casque, un peu lourd donc douleurs au dos* » qui pourrait s'améliorer par la « *présence de capteurs de mouvements et/ou d'une chaise plus ergonomique* » comme une « *chaise avec un dossier* ». Pour l'instrument à retour d'effort, ils soulignent le besoin « *d'améliorer la manipulation du bras haptique avec une meilleure surface pour prendre appui* » car c'est « *parfois difficile à manier* » et le socle devrait davantage ressembler « *à une mandibule* » pour se rapprocher de l'environnement réel d'un praticien.
  4. Concernant les avis des étudiants quant à l'utilisation du simulateur du point de vue pédagogique, ils trouvent que c'est « *un outil pédagogique intéressant de*

*par toutes les informations qu'il peut nous apporter », mais il interviendrait en « complément des travaux pratiques » classiques sur fantôme. Cette forme de simulation permettrait notamment d'apporter « un point de vue différent sur les techniques de préparation ». Il est nécessaire aussi d'ajouter davantage de feedback avec des « effets sonores », mais aussi visuels et tactiles. Bien que le casque soit jugé « très formateur », « très pratique, ludique et pédagogique », qu'il permette un travail « plus immersif et plus fun » et une progression plus rapide, les étudiants trouvent leurs résultats aux exercices « plus satisfaisants sans le casque ». Pour le moment, « l'ajout du casque ne rapporte pas de bénéfices à l'usage alors que sans j'ai vraiment apprécié et pris en main la simulation rapidement ». Un autre étudiant précise qu'il « faudrait plus s'entraîner avec le simulateur pour savoir bien l'utiliser et mettre à profit ce qu'il nous apprend dans notre vraie pratique » et que « cela demande un long temps d'adaptation qui peut être difficile à mettre en place ».*

Finalement, les améliorations fonctionnelles proposées par les étudiants portent principalement sur le perfectionnement de l'environnement virtuel pour être au plus proche de l'environnement réel quotidien d'un chirurgien-dentiste et ainsi améliorer le réalisme et l'immersion. Les étudiants soulignent la nécessité d'une période d'adaptation à ce nouvel environnement bien différent de la simulation conventionnelle dont ils ont l'habitude. L'utilisation du casque de réalité virtuelle ne serait pas à utiliser dans un premier temps pour favoriser une prise en main plus rapide de l'environnement.

#### **4.4 Des propositions d'usage**

Ce quatrième et dernier volet se penche sur les propositions d'usage du simulateur *Virteasy Dental*®. Selon les étudiants, celui-ci pourrait s'utiliser « avec et sans casque, les deux sont intéressants ». Ils proposent, notamment, de l'intégrer au sein des travaux pratiques déjà existants « dans les premiers cours, dans la découverte du milieu dentaire pour comprendre les attendus » pour « découvrir l'anatomie dentaire par exemple », « aborder une nouvelle notion » et « pour découvrir les nouveaux gestes ». Ils proposent également de l'utiliser comme outil d'entraînement notamment sur des actes où ils ne sont « pas à l'aise », pour « s'améliorer en cas d'échec », « pour avoir l'exemple d'un objectif à atteindre » et « régulièrement pour voir son évolution ». Cela peut être également « en complément des travaux pratiques, mis à disposition dans une salle sur nos heures de temps libre pour ceux qui veulent » car ils n'ont aucun moyen actuellement de « s'améliorer et de s'entraîner à côté ».

Les étudiants vont plus loin en proposant des ajouts à la séquence pédagogique existante avec des modules pour « tester des soins qu'on ne peut pas faire en TP comme des anesthésies, avulsions, détartrage », mais aussi « simuler des conditions cliniques particulières » et des « traitements plus complexes ». En fait « des exercices qui ne peuvent être faits sur des fantômes ». Mais les étudiants insistent surtout sur la nécessité d'intégrer des mises en situation avec « un patient virtuel », « un vrai patient qui pour-

rait simuler la douleur, fatigue » avec plus de « facteurs (langue, muqueuse, mouvements) » en allant jusqu'à « prendre en charge de A à Z un patient pour vraiment simuler une prise en charge » et cette fois-ci « avec le casque ».

## 5 Conclusion et discussion

Nos résultats montrent que le simulateur *Virteasy Dental*<sup>®</sup> a un réel potentiel d'intégration dans la formation préclinique en Odontologie. La majorité des étudiants ont aimé utiliser le simulateur et souhaiteraient l'utiliser à nouveau. La facilité d'utilisation du simulateur complexifiée par l'intégration du visiocasque, a un impact sur l'intention d'usage, mais n'empêche pas les étudiants d'en proposer quelques perspectives. Les suggestions des étudiants portent principalement sur un travail autour des éléments qui permettent une expérience similaire à celle qu'ils auront dans leur future pratique de chirurgien-dentiste.

Comme tout nouvel outil intégré dans des pratiques déjà installées, il est nécessaire de respecter une période d'adaptation. En effet, le simulateur étant un dispositif technique multi-instrumental [10], les étudiants doivent s'approprier chacune de ses composantes qui sont bien différentes de celles rencontrées en simulation conventionnelle et qui implique une charge cognitive par l'afflux d'informations à traiter. La charte de recommandations sur l'usage de réalité virtuelle rédigée par le comité d'éthique VR indique « *pour une immersion plus efficace et confortable, il convient de progresser avec une probabilité croissante, accompagnée par des niveaux d'immersions successifs. Cela permettra au cerveau de « lâcher » petit à petit et par la même d'augmenter la probabilité dans l'immersion* » [7].

Dans notre contexte, nous suggérons que l'utilisation du simulateur *Virteasy Dental*<sup>®</sup> commence par une immersion partielle avec l'écran d'ordinateur et le bras à retour d'effort suivie d'une intégration graduelle du visiocasque permettant une appropriation progressive et réduisant ainsi le besoin de contrôle en immersion [11]. Cela permettrait également de suivre la progression pédagogique des étudiants allant d'un environnement où l'étudiant peut facilement échanger avec l'enseignant à un environnement impliquant une plus grande autonomie dans les exercices réalisés. Effectivement, à travers notre étude longitudinale en cours, nous observons que le simulateur avec le visiocasque doit s'utiliser davantage en autonomie notamment dû à l'ergonomie du visiocasque qui limite les échanges avec l'enseignant et les pairs. Ainsi, le simulateur peut s'intégrer dans les séquences pédagogiques en immersion partielle sans visiocasque pour la découverte du milieu dentaire et l'apprentissage des gestes techniques élémentaires, mais nécessitera la création de nouveaux modules et exercices scénarisés pour exploiter le potentiel de l'immersion totale à travers des mises en situations cliniques.

Bien sûr ces résultats sont à nuancer puisqu'il s'agit pour la plupart des étudiants d'un premier contact avec le simulateur de réalité virtuelle et pour certains même la réalité virtuelle de manière globale. La suite de l'étude en Sciences de l'Information et de la Communication consiste à mener une étude longitudinale comprenant des enquêtes quantitatives, qualitatives et observations afin d'investiguer les processus d'appropriation issus de l'usage du simulateur et ce dans une boucle d'itération continue

entre les retours d'expériences utilisateurs et son amélioration fonctionnelle. Nous continuerons à nous intéresser également à l'intégration de ce nouvel environnement dans la formation à travers des scénarios pédagogiques adaptés au processus d'appropriation du simulateur et à la progression pédagogique des étudiants. Mais pas seulement. Dans une perspective systémique, nous interrogeons l'ensemble des acteurs impliqués et notamment les enseignants dispensant les cours de travaux pratiques. Nous nous intéresserons à l'impact de l'utilisation de cet environnement virtuel sur les pratiques existantes des enseignants, mais aussi plus largement sur la circulation et la médiation des savoirs dans la situation d'enseignement-apprentissage.

## Références

1. Rouge, J.-A. (2016). Intérêt pédagogique de la simulation. *Interbloc*, 35(3), 174-177.
2. Tisseron, S. (2021). Chapitre 22. La Réalité Virtuelle : Définition, usages et éthique. In *Comprendre et soigner l'homme connecté* (p. 189-200). Dunod.
3. Fuchs, P., Moreau, G., & Berthoz, A. (2006). *Le traité de la réalité virtuelle volume 1 : L'Homme et l'environnement virtuel* (Presse des Mines).
4. Fuchs, P. (1996). *Les interfaces de la réalité virtuelle*. Éditeur AJIIMD.
5. Burkhardt, J.-M. (2003). Réalité virtuelle et ergonomie : Quelques apports réciproques. *Le travail humain*, 66(1), 65.
6. Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the Heart of It All : The Concept of Presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*.
7. Comité d'éthique VR. (2020). *Charte de recommandations sur l'usage de la Réalité Virtuelle*.
8. Bonfils, P., & Durampart, M. (2013). Environnements immersifs et dispositifs numériques. Etudes expérimentales et approches distancées. *Journal for Communication Studies*, 6, 107-124.
9. Caron, P.-A., & Heutte, J. (2017). Comprendre l'usage que les professeurs des écoles font des TNI et du numérique.
10. Loison, V., Pirolli, F., Cretin-Pirolli, R., & Lopez-Cazaux, S. (2023). Introduction des nouveaux environnements virtuels de simulation dans la formation – Quelques modèles théoriques d'intégration et exemple d'une méthodologie de recherche dans le cadre du projet EVAGO.
11. Madert, L. (2021). Besoin de contrôle : Un frein à l'immersion en réalité virtuelle ?