



HAL
open science

Utilisation de la Réalité Augmentée pour l'enseignement de gestes de kinésithérapie

Guillaume Thomann, Lyna Hireche, Frédéric Noël, Sergio Camilo Medina-Galvis, Nicolas Pinsault

► To cite this version:

Guillaume Thomann, Lyna Hireche, Frédéric Noël, Sergio Camilo Medina-Galvis, Nicolas Pinsault. Utilisation de la Réalité Augmentée pour l'enseignement de gestes de kinésithérapie. S-MART 2023 : 18ème Colloque national S.mart, Arts et Métiers Paristech ENSAM Aix-en-Provence, Université de Toulon [UTLN], Apr 2023, Carry-le-Rouet, France. hal-04397928

HAL Id: hal-04397928

<https://hal.science/hal-04397928v1>

Submitted on 16 Jan 2024

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

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

Utilisation de la Réalité augmentée pour l'enseignement de gestes de kinésithérapie

G. Thomann ^{a,*}, L. Hireche ^a, F. Noël ^a, S.-C. Medina-Galvis ^a, N. Pinsault ^b

^a Univ. Grenoble Alpes, , Institute of Engineering Univ. Grenoble, G-SCOP, 38000 Grenoble, France
Alpes

^b Univ. Grenoble Alpes, CNRS, TIMC-IMAG, département kinésithérapie, CHU Grenoble

* e-mail : guillaume.thomann@grenoble-inp.fr

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte de l'étude

Avec l'avancée des technologies notamment autour de la Réalité Augmentée (RA), plusieurs domaines peuvent bénéficier d'une réelle valeur ajoutée. Les dispositifs RA sont exploités dans différentes situations (tourisme, industrie, commerce, etc.) y compris dans des usages pour la santé. L'application ATLAS est une application mobile qui s'adresse aux professionnels de santé. Cette application permet aux utilisateurs de visualiser des modèles anatomiques dans un environnement réel. Il est ainsi possible par exemple de faire pivoter, zoomer ou disséquer un squelette humain (Figure 1).

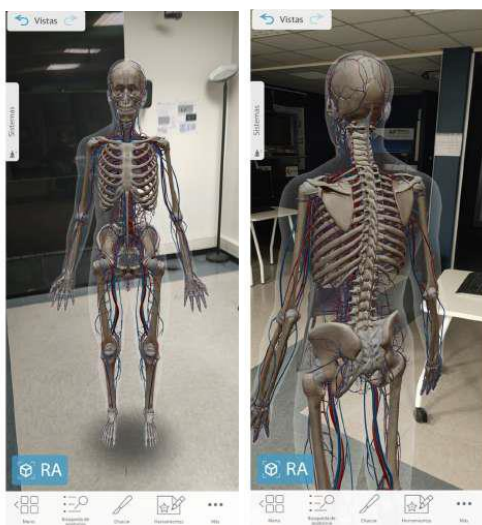


Figure 1 - Exemple de modèle anatomique 3D en environnement réel en utilisant la RA.

Au cours des dernières décennies, la RA a suscité un intérêt accru pour la création d'environnements éducatifs uniques dans différents domaines. Selon [1], « la RA fournit un apprentissage contextuel riche aux étudiants en médecine pour les aider à acquérir des compétences de base, telles que la prise de décision, le travail d'équipe efficace et l'adaptation créative des ressources mondiales pour répondre aux priorités locales ». Cette technologie peut ainsi être une plus-value dans le domaine éducatif.

Au cours de certaines séances de travaux pratiques appliqués, les étudiants en kinésithérapie doivent développer une capacité à localiser et à reconnaître les éléments anatomiques sous-jacents, à partir de palpations de surface ou à l'aide d'outils cliniques. Dans ces cours, ils doivent apprendre de nouvelles procédures spécifiques mais aussi faire appel à leurs connaissances acquises précédemment grâce à des ressources spécifiques : planches anatomiques (livres, dessins, schémas), vidéos de dissection, etc.

Cependant, les étudiants rencontrent des difficultés pour mobiliser ces ressources au cours de la procédure, en raison de leur disponibilité limitée et de leur pertinence au cours de la séance pratique.

1.2. Objectifs de l'étude

Ainsi, ce projet de recherche vise à aider les étudiants en kinésithérapie à apprendre de nouvelles procédures cliniques, dans notre cas l'auscultation pulmonaire. Ils pourront manipuler un dispositif d'aide à l'apprentissage développé avec la technologie de RA. L'objectif est de compléter l'environnement réel de l'élève au cours de son apprentissage, par la possibilité d'ajouter des ressources supplémentaires à l'environnement. L'objectif technique de cette recherche est de permettre une visualisation des points d'auscultation des poumons sur une représentation 3D des poumons sur le dos du patient,

pour une utilisation correcte du stéthoscope par les étudiants. Équipé d'un casque de réalité mixte, l'étudiant aura la possibilité de compléter son environnement réel par la projection de points d'auscultation pulmonaire superposés à une représentation 3D des poumons. De plus, ce dispositif vise à assurer la possibilité pour l'utilisateur d'avoir accès aux ressources externes qu'il juge utiles au bon déroulement de la session.

Concernant l'utilisabilité du dispositif dans ce contexte, cet enjeu implique la garantie que notre outil d'apprentissage sera utilisable et accepté en situation réelle. Selon la norme ISO 9241-11 (<https://www.iso.org/fr/standard/63500.html>)

« L'utilisabilité est le degré auquel un produit peut être utilisé par des utilisateurs identifiés pour atteindre des objectifs définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié ».

Les objectifs scientifiques à plus long terme sont d'étendre les connaissances scientifiques du domaine de la RA à des fins éducatives dans d'autres contextes d'enseignement appliqués. En effet, cette technologie étant encore assez nouvelle, les progrès sont également pour le moment limités. Par conséquent, disposer d'autres expériences, par exemple dans le cadre de la kinésithérapie, peut être bénéfique dans l'apport global en RA, notamment lorsque la démarche est réalisée en étroite collaboration avec les spécialistes du domaine.

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre le laboratoire G-SCOP, le laboratoire interdisciplinaire TIMC et le service de formation en kinésithérapie du CHU de Grenoble (IFPS).

L'état de l'art permet d'identifier les caractéristiques principales de la RA, les dispositifs existants dans l'éducation et dans le domaine de la kinésithérapie. L'utilisabilité et l'acceptation du produit constituent également un défi de taille à relever.

Une fois cela précisé, la question de recherche est posée pour faire ressortir ce que cette recherche tend à valoriser du fait de l'écart constaté précédemment avec l'état de l'art. Les outils mobilisés et la méthodologie de la recherche sont développés. Enfin, les résultats d'intégration à l'activité pédagogique, de développement de scénario d'utilisation et de prototype technologique sont présentés. Des discussions et conclusion finalisent notre proposition.

2. ETAT DE L'ART

Cet état de l'art doit permettre de mieux comprendre le concept de la RA, comment elle est utilisée en pédagogie et si des applications existent déjà dans le domaine de la santé. Les questions d'utilisabilité et d'acceptation sont également abordées.

2.1. Le concept de RA

La RA est une technologie ou un concept défini par la collaboration entre le monde réel et des objets virtuels (par exemple, son, texte, vidéo et objet 3D). C'est une vue

directe ou indirecte d'un environnement physique réel qui est enrichi par la superposition d'informations générées par ordinateur [2][3]. Cette technologie est à la fois interactive et le plus souvent basée sur de la visualisation en 3D [4]. La RA est dans certains cas définie comme un artefact utilisé via un écran placé sur la tête de l'utilisateur (en anglais HMD ou « Head Mounted Display »). Ainsi, pour éviter la limitation à d'un domaine d'application, [5] définit la RA comme un système qui possède trois fonctionnalités : « (1) Combinaison des mondes réel et virtuel (2) Interactivité en temps réel (3) et visualisation en 3D ». Il est noté que la visualisation peut être remplacée par toute projection perceptive (audio, tactile, etc.).

La RA utilise principalement deux technologies, celle du rendu visuel par la projection 3D ou l'image, et celle de la capture de l'environnement réel : principalement basée sur la localisation d'artefacts physiques appelé « tracking » [6]. Le tracking nécessite des informations de type marqueurs spécifiques tels que des images, un code QR ou une reconnaissance graphique naturelle dans un environnement réel. D'autres capteurs de positionnement sont exploités en RA comme la localisation par GPS. [7] classe les applications de RA en termes de caractéristiques d'interaction en fonction de la nature des périphériques de l'appareil tels que clavier, écran tactile, capteur spécifique ou système de reconnaissance gestuelle ou sensible au mouvement.

L'enjeu global de la RA vise à simplifier la vie de l'utilisateur en apportant des informations virtuelles non seulement à son environnement immédiat, mais aussi à toute vision indirecte de l'environnement réel. Cela aide également à améliorer la perception et l'interaction de l'utilisateur avec le monde réel. La RA diffère de la technologie de réalité virtuelle (RV), qui plonge complètement les utilisateurs dans un monde synthétique sans connexion avec le monde réel.

Les technologies de RA augmentent la perception de la réalité en superposant des objets virtuels et des repères sur le monde réel en temps réel. Certaines applications permettent de travailler différemment avec la RA, selon les cas, parfois l'application nécessite de supprimer des objets réels de l'environnement en plus d'ajouter des objets virtuels. En effet, retirer des objets du monde réel correspond à recouvrir l'objet d'informations virtuelles qui correspondent à l'arrière-plan afin de donner à l'utilisateur l'impression que l'objet n'est pas là. Les objets virtuels ajoutés à l'environnement réel peuvent montrer à l'utilisateur des informations que l'utilisateur ne peut pas détecter directement avec ses sens. Les informations transmises par l'objet virtuel peuvent aider l'utilisateur à effectuer des tâches quotidiennes. Il peut aussi avoir simplement un but de divertissement [8]. Il existe de nombreuses autres classes d'applications de la RA, telles que le divertissement, la publicité, la maintenance et la réparation, l'annotation, la planification de trajectoire de robot ou même la visualisation médicale liée à notre contexte de kinésithérapie.

En RA, il existe également le concept de marqueurs. Les marqueurs constituent première étape de la RA mobile.

Les marqueurs sont des repères visuels détectés par l'appareil afin d'effectuer une action. Ils peuvent prendre la forme d'une image ou d'un symbole également appelée photo de déclenchement qu'une personne peut numériser à l'aide de son appareil mobile via une application de RA. Le scan mobile déclenchera le contenu supplémentaire (vidéo, animation, 3D ou autre) préparé à l'avance pour apparaître au-dessus du marqueur [9].

2.2. La RA dans l'éducation

Une recherche menée par [10], a mis en évidence les spécificités des articles sur la RA publiés dans les revues d'éducation indexées dans la base SSCI entre 2012 et 2017. Au total 83 articles dans 22 revues ont été inspectés par une analyse de contenu. Ils ont été analysés selon leurs années de publication, le nombre d'auteurs, les pays, les disciplines/domaines éducatifs, les types de RA, les variables et les caractéristiques méthodologiques. Comme déterminé dans cette recherche, le nombre d'études liées à la RA a augmenté en 2014 et 2017 et elles ont été principalement menées dans le domaine des sciences de l'éducation. Au cours de l'étude, les variables les plus examinées dans les articles étaient la réussite et l'attitude. Après avoir rassemblé la littérature, cette étude a révélé que la majorité des études sur la RA ont été réalisées par des scientifiques travaillant dans des universités à Taiwan. Dans cet article, il considère que la RA est l'une des technologies potentiellement prometteuses dans l'éducation. En effet, elle a été utilisée principalement pour l'aide à l'apprentissage d'objets inaccessibles ou dangereux, la concrétisation de concepts abstraits ou encore l'apprentissage d'objets ou d'événements invisibles.

L'état de l'art met en évidence certaines études dans divers domaines tels que la langue [11], les mathématiques, les sciences, la médecine [12] et la géographie. Pour avoir une idée de certains dispositifs mobilisant la RA, l'exemple d'une étude menée à Taiwan pour aider à l'apprentissage de l'anglais [11] est intéressante. Il s'agit d'un développement d'un système d'instruction d'apprentissage omniprésent avec des fonctionnalités AR pour améliorer les performances de l'apprentissage de l'anglais comme langue étrangère en se confrontant à des situations réelles.

2.3. La RA dans l'éducation en santé

Dans le domaine de la santé, [1] met en évidence une sélection de 25 articles d'étude liés à la RA dans l'enseignement des soins de santé. Il montre que la RA est appliquée dans un large éventail de sujets de l'éducation sanitaire tels que l'injection articulaire, le placement de vis pédiculaires thoraciques, la chirurgie laparoscopique, l'administration d'anesthésie locale par exemple.

En ce qui concerne le concept, l'éducation médicale est décrite par le glossaire des termes de l'éducation médicale de l'AMEE (Association pour l'éducation médicale en Europe) comme "le processus d'enseignement, d'apprentissage et de formation des étudiants avec une intégration continue des

connaissances, de l'expérience, des compétences, des qualités, responsabilités et les valeurs qui qualifient un individu pour pratiquer la médecine » [13].

Au cours des dernières décennies, il est clairement apparu plus d'utilisations de la RA dans l'enseignement des soins de santé, notamment par ce que les étudiants et les professionnels de la santé ont besoin de plus d'expériences situationnelles dans les soins cliniques, dans un objectif de mieux préserver la sécurité des patients. Par conséquent, le large intérêt pour l'étude de la RA a mis en évidence les croyances suivantes :

- La RA fournit un apprentissage contextuel riche pour les étudiants en médecine pour aider à atteindre les compétences de base, telles que la prise de décision, le travail d'équipe efficace et l'adaptation créative des ressources mondiales pour répondre aux priorités locales.
- La RA offre des possibilités d'apprentissage plus authentique et fait appel à plusieurs styles d'apprentissage, offrant aux étudiants une expérience d'apprentissage plus personnalisée et exploratoire.
- La sécurité des patients est préservée si des erreurs sont commises lors de la formation aux compétences avec la RA [1].

Les soins cliniques s'intéressent également à la RA car elle offre aux médecins une vue interne du patient, sans avoir besoin d'une procédure invasive. Pour donner un exemple il est intéressant d'avoir un aperçu des revues scientifiques concernant un nouvel outil basé sur la RA se concentrant sur l'anatomie du membre inférieur l'ARBOOK. Le concept de cette technologie est de combiner une partie standard de l'anatomie descriptive du membre inférieur comprenant l'ostéologie, l'arthrologie et d'autres applications cliniques, avec une carte pour chaque partie anatomique qui peut être reconnue par une webcam numérique connectée à un ordinateur. Puis une image en RA apparaît sur l'ordinateur du lieu de travail des étudiants [12].

Un autre enjeu de la RA dans le contexte de l'éducation à la santé est la représentation du patient. Dans certains cas, il s'agit d'un vrai patient, dans d'autres d'une maquette de la partie clinique ou d'un modèle. La société américaine GigXR [9] a lancé le concept d'« HoloPatient ». Le but ici est de simuler des scénarios réels explorés en temps réel. Ils utilisent des technologies immersives pour réinventer la formation et l'apprentissage dirigés par un instructeur. Le projet en collaboration avec l'Université de médecine du Michigan travaille sur une aide à l'apprentissage à distance pour un HoloPatient qui a des problèmes respiratoires (GIGXR).

[1] montre que les apprenants peuvent accepter la RA comme une technologie d'apprentissage, et que la RA peut améliorer l'effet d'apprentissage par l'acquisition de compétences et de connaissances, la compréhension des relations spatiales et des concepts médicaux, l'amélioration de la rétention d'apprentissage et de la performance sur les tâches cognitivo-psychomotrices. La RA répond également aux problématiques de fourniture d'appareils d'une manière pratique et opportune qui

raccourcit le parcours d'apprentissage et simule des expériences authentiques.

2.4. Utilisabilité et acceptabilité de l'outil

Selon la norme ISO 9241, « L'utilisabilité est le degré auquel un produit peut être utilisé par des utilisateurs identifiés pour atteindre des objectifs définis avec efficacité, efficacité et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié ».

L'utilisabilité est la capacité d'un objet à être facilement utilisé par une personne donnée pour effectuer la tâche pour laquelle il a été conçu. La notion d'utilisabilité englobe à la fois la performance de réalisation de la tâche, la satisfaction que procure l'utilisation de l'objet et la facilité avec laquelle on apprend à s'en servir. C'est une caractéristique de l'interaction entre un artefact et son utilisateur. L'objectif d'utilisabilité est établi en fonction de l'efficacité, de l'efficacité et de la satisfaction de l'utilisateur. Ces deux notions définissent l'usage d'un outil et l'acceptabilité d'un système. L'interface homme-machine doit être adaptée à son utilisation. Un produit aura donc du succès à condition qu'il soit utilisable. L'analyse de l'utilisabilité doit contribuer également à une expérience utilisateur optimale [14].

Quant à l'acceptation, elle peut être décrite comme la volonté démontrable au sein d'un groupe d'utilisateurs d'utiliser la technologie de l'information pour les tâches qu'elle est censée supporter [15].

2.5. Conclusion de l'état de l'art

L'état de l'art montre une lacune concernant les recherches d'usage de la RA en kinésithérapie. On note également un manque de projets de recherche concernant les protocoles cliniques.

La RA dans un contexte d'apprentissage vise à augmenter l'effet d'apprentissage par l'acquisition de compétences et de connaissances, la compréhension des relations spatiales et des concepts médicaux.

Afin de contribuer à l'état de l'art, la présente question de recherche est ici posée : "Comment un dispositif de réalité augmentée peut-il être mis en place dans un processus d'apprentissage en kinésithérapie ?" Deux sous-questions en découlent :

- La RA facilite-t-elle le processus d'apprentissage des étudiants en école de kinésithérapie ?
- Existe-t-il des méthodes ou des outils de conception pour favoriser l'utilisabilité et l'acceptabilité d'un outil d'apprentissage utilisant la RA ?

3. MATERIAUX ET METHODE

3.1. Contexte pratique d'enseignement

Pour cette étude, une observation des pratiques dans un centre de formation en kinésithérapie a été conduite. L'aménagement actuel de l'espace de travail des séances pratiques est le suivant : dix tables d'examen médical placées parallèlement par rapport au tableau blanc et deux autres tables au centre, perpendiculaire au tableau

blanc. Les tables d'examen centrales sont réservées au professeur pour montrer l'exercice pratique du jour sur un élève. En ce qui concerne l'exercice, il peut être effectué sur la table d'examen ou debout, en mouvement ou statique, avec ou sans besoin d'un outil clinique, tous ces paramètres dépendent de la localisation de l'exercice palpatoire et de quel type d'observation les étudiants doivent faire pour établir leur pronostic. La figure suivante (Figure 2) montre la disposition d'une session pratique comprenant 21 étudiants (il y a un trinôme) assis derrière leur table d'examen médical et l'enseignant devant le tableau blanc et leur table.

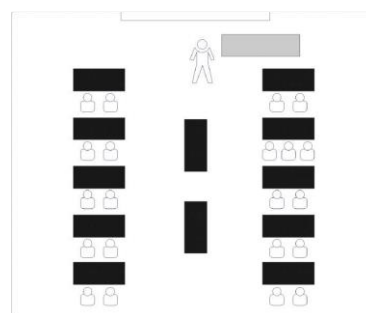


Figure 2 - configuration de la salle de cours actuelle

La session pratique a lieu juste après les cours théoriques, afin d'approfondir les connaissances cliniques. Bien que certains professeurs trouvent utile d'appuyer leurs cours pratiques par des diapositives théoriques, ils visent à montrer leurs exercices pratiques pour s'assurer qu'ils comprennent tous les enjeux d'une bonne mobilisation ou du suivi d'un protocole clinique. Dans certaines séances où l'on s'apprête à apprendre un nouveau protocole clinique, il peut être question d'utiliser un outil clinique comme un stéthoscope.

Concernant le déroulement de la séance, deux phases distinctes sont observées : des phases animées par le professeur (temps consacrés à la présentation de l'exercice, présentation de la situation pratique, séance de questions/réponses entre enseignant/élèves) et les phases pratiques (participation de l'étudiant à l'exercice pratique suite aux explications du professeur).

Dans la présente étude, une fois ces phases pédagogiques terminées, les élèves pratiquent les exercices de palpation en binôme, ils posent donc leurs affaires (cahier, ordinateur) sur le côté des tables. Il n'y a pas d'espace approprié pour ranger leurs affaires. Un autre point observé lors de cette observation est le manque de temps pour certains élèves de noter toutes les instructions du professeur pendant le temps imparti. Les conséquences apparaissent dans la phase pratique pendant laquelle ils n'ont plus assez de temps pour s'entraîner.

3.2. Equipement technologique

Un casque de RA, l'Hololens2 de Microsoft est utilisé. Tout le développement réalisé dans l'environnement Unity 3D. La technologie Hololens exige de travailler avec un sujet réel fixe (qui n'est ni en mouvement et ni ne se déforme). Effectivement, cette technologie basée sur du

SLAM (pour Simultaneous Localization And Mapping). Il s'agit de la procédure par laquelle un ordinateur analyse un environnement et élabore une carte numérique de cette zone. Elle ne permet pas de faire de la capture de mouvement et suppose l'environnement fixe.

3.3. Méthode

La méthode de recherche, est une procédure spécifique de collecte et d'analyse des données essentielles au projet. En conséquence, la méthodologie utilisée au cours de ce projet est présentée en Figure 3.

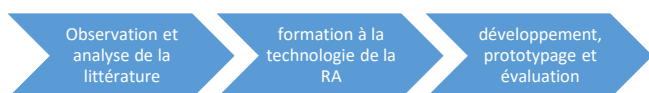


Figure 3 – méthodologie de développement du projet

La première phase est consacrée à l'observation et à la revue de la littérature dans un contexte médical pour la spécialité kinésithérapie et dans un contexte technologique avec l'aspect RA. Il permet d'acquérir des connaissances pédagogiques dans un contexte médical spécifique : des séances pratiques de kinésithérapie sont observées, le schéma/organisation pédagogique de ces séances sont connus et la collecte de données est effectuée. Cette phase permet d'avoir une meilleure compréhension du contexte pratique dans lequel un environnement de RA pourra être proposé.

La deuxième phase vise à acquérir des compétences techniques en développement d'environnement de RA et à initier des exemples d'applications mobilisant ce dispositif. Dans cette seconde phase les données collectées sont exploitées.

La troisième phase est itérative et relativement plus longue : le développement d'un prototype du dispositif de RA pour l'inspection pulmonaire et son évaluation. Plusieurs scénarios sont créés en collaboration avec les enseignants et professionnels de santé. Cette étude permet d'utiliser une méthode agile spécifiquement dédiée à la validation du prototype avec les différentes boucles composées des phases de conception, de prototypage et d'évaluation. Une dernière itération permet d'aboutir à un prototype final satisfaisant l'ensemble des exigences exprimées par les clients et utilisateurs.

Un retour d'expérience fournit une première idée de l'acceptation du produit au sein des sessions pratiques.

4. RESULTATS

L'intégration du dispositif proposé à l'organisation actuelle de la séance pratique est présentée dans le tableau 1. Aucune modification n'est prévue concernant les phases théoriques : le dispositif ne sera pas présent dans l'environnement étudiant. Le dispositif de RA est prévu pour être intégré dans la séance pratique pour l'étudiant. Équipé du casque Hololens2, l'étudiant a la possibilité de visualiser le poumon et les points d'auscultation lors de la démarche adaptée à cette

information. La dernière phase est l'exercice, où il est idéal de définir un exercice avec l'Hololens2.

Tableau 1 – activités proposées en fonction des phases de cours

Phase théorique	Historique du protocole
	Description du bruit respiratoire
	Pathologies pulmonaires
Phase pratique	Aucune manipulation de l'appareil
	Manipulation du stéthoscope
	Apprentissage des points d'auscultation pulmonaire
Exercice	Visualisation des poumons et des points d'auscultation
	Lier les bruits respiratoires aux pathologies
	Reconnaître les caractéristiques des sons respiratoires
	Accès aux bandes sonores en fonction du point d'auscultation
	Mise en place des questions sous l'appareil

Dans le scénario proposé, des fenêtres apparaissent pour configurer le programme :

- Pour configurer le choix de la main de l'utilisateur.
- Pour configurer le sexe du patient : dans la séquence de palpation antérieure, le protocole change en raison de la présence de la poitrine.

Une fois ces paramètres entrés, une étape très importante à prendre en compte lors du développement en RA est l'étalonnage. En pointant avec son doigt des points précis, représentés ci-dessous sur la figure 4, et en donnant la commande vocale « Prendre position », un point d'étalonnage apparaît. Un ordre spécifique est proposé pour positionner ces points, en haut à droite pour commencer, et continuer avec chaque indication donnée. Si l'utilisateur souhaite supprimer le dernier point pris, il doit donner la commande vocale "supprimer le point". Une fois l'étape d'étalonnage terminée, les poumons et les points d'auscultations apparaîtront en superposition au dos du patient. La figure 5 montre les instructions données à l'utilisateur pour qu'il puisse placer les points d'étalonnage pour permettre la mise en place de l'image des poumons avec les points d'auscultation (Figure 6).

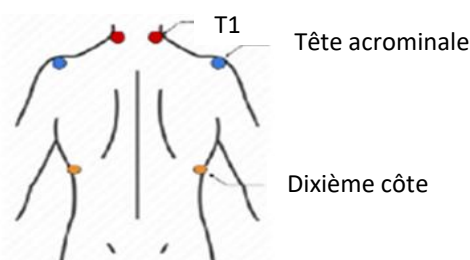


Figure 4. Points d'étalonnage



Figure 5. Instruction et placement des points d'étalonnage



Figure 6. Image des poumons avec les points d'auscultation

5. DISCUSSION

Le développement de l'outil a été limité aux options nécessaires pour une première version servant de démonstrateur expérimental. La fonction la plus délicate consiste en l'étalonnage de la RA sur le dos du patient qui doit rester immobile. Une fois cette étape franchie et validée par l'ensemble des acteurs, l'ajout d'options comme l'implantation de ressources externes dans l'environnement est technologiquement plus simple.

L'expérience requiert des préexercices pour acclimater les utilisateurs à la technologie et pour calibrer le casque à l'œil de l'utilisateur. Au total, ils durent 10 minutes mais ont un impact certain dans la formation. C'est un point important à clarifier avec les kinésithérapeutes si on veut intégrer l'outil dans une séance pratique avec des étudiants et cela dépendra de la régularité de l'usage de systèmes de RA.

L'ordre de placement des points d'étalonnage demeure difficile à comprendre. En effet, la photo de référence présentée à l'utilisateur (figure 5) est peu précise et pourrait gagner à être interactive. Cette étape a dû régulièrement être refaite par l'utilisateur. Il reste important de donner des instructions claires et concrètes à l'utilisateur pour avoir une expérience optimale avec l'outil. De plus, le point d'étalonnage n'apparaissait pas exactement à l'endroit pointé avec l'index de l'utilisateur. La précision de l'Hololens est en question pour réaliser une RA pertinente.

6. CONCLUSION

Pour conclure, l'état de l'art en RA montre des lacunes dans notre contexte spécifique appliqué à la kinésithérapie. On note également un manque de projets de recherche concernant les protocoles cliniques associés. De plus, dans les revues précédemment citées, le sujet de l'enquête est soit un modèle, soit une projection de ce modèle au travers de systèmes comme l'Hololens. Avec la technologie Hololens utilisée ici, une des limites est de travailler avec un sujet réel qui peut être en mouvement. Effectivement, cette technologie ne permet pas de capture de mouvement ou de déformation d'un corps.

Les premiers tests en condition écologique permettent néanmoins de juger la RA utilisable pour des applications

de formation en kinésithérapie mais il reste d'en démontrer l'utilité effective au travers d'un usage prolongé in situ.

RÉFÉRENCES

- [1] Zhu E, Hadadgar A, Masiello I, Zary N. AR in healthcare education: an integrative review. *Peer J*. 2014
- [2] Klopfer, E. & Squire, K. (2008). Environmental detectives—the development of an AR platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203–228. 2008
doi:0.1007/s11423-007-9037-6
- [3] Yuen, S., Yaoyuneyong, G. & Johnson, E.. AR: an overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119–140. 2011
doi:10.18785/jetde.0401.10
- [4] Carmigniani J, Furht B. AR: An Overview. In: Furht B. (eds) *Handbook of AR*. Springer, New York, NY. 2011
doi:10.1007/978-1-4614-0064-6_1
- [5] Azuma, R. T. A survey of AR. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385, 1997
- [6] Cheng, K. H. & Tsai, C. C. Affordances of AR in science learning: suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 449–462. 2013
doi:10.1007/s10956-012-9405-9
- [7] Gao, L. Natural gesture-based interaction for handheld AR (Unpublished master thesis). Department of Computer Science University of Canterbury, Christchurch. 2013
- [8] Wikitude. Wikitude world browser official website. Retrieved from <http://www.wikitude.com/tour/wikitude-world-browser>. 2016
- [9] Zvejniaks G., "Marker-based vs markerless augmented reality: pros & cons. [Online]. Available: <https://overlyapp.com/blog/marker-based-vs-markerless-augmented-reality-pros-cons-examples/>. [Accessed December. 16, 2022], 2019
- [10] Fidan, M. and Tuncel, M. AR in education researchers (2012–2017): A content analysis. *Cypriot Journal of Educational Sciences* 13(4):577-589. 2018
doi:10.18844/cjes.v13i4.3487. 2018
- [11] Ho, S. C., Hsieh, S. W., Sun, P. C. & Chen, C. M. To activate English learning: listen and speak in real life context with an AR featured u-learning system. *Educational Technology & Society*, 20(2), 176–187. 2017
- [12] Ferrer-Torregrosa, J., Torralba, J., Jimenez, M. A., Garcia, S. & Barcia, J. M. ARBOOK: Development and assessment of a tool based on AR for anatomy. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 119–124. doi:10.1007/s10956-014-9526-4. 2015
- [13] Wojtczak A., *Glossary of Medical Education Terms*. Institute for International Medical Education, White Plains, New York, USA. 2013
- [14] Usibilib, Définition utilisabilité ou usabilité, Conseil UX et Ergonomie Digitale. 2018
- [15] Dillon, A. User Acceptance of Information technology. In: W.Karwowski (ed). *Encyclopedia of Human Factors and Ergonomics*. London:Taylor and Francis. 2001