



HAL
open science

Analyse de la tâche pour la conception d'un simulateur virtuel pour l'anesthésie locorégionale échoguidée

Cassandre Simon, Elsa Brocas, Samir Otmane, Amine Chellali

► To cite this version:

Cassandre Simon, Elsa Brocas, Samir Otmane, Amine Chellali. Analyse de la tâche pour la conception d'un simulateur virtuel pour l'anesthésie locorégionale échoguidée. 12ème colloque EPIQUE, Jul 2023, Paris, France. pp.233–241. hal-04186364

HAL Id: hal-04186364

<https://univ-evry.hal.science/hal-04186364v1>

Submitted on 23 Aug 2023

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.

ÉPIQUE 2023

Analyse de la tâche pour la conception d'un simulateur virtuel pour l'anesthésie locorégionale échoguidée.

Cassandra Simon

Laboratoire Informatique, BioInformatique, Système Complexe, Univ. D'Évry, Université Paris-Saclay
36 Rue Du Pelvoux, 91080 Évry-Courcouronnes, France.

cassandra.simon@univ-evry.fr

Elsa Brocas

Pôle Anesthésiologie, Centre Hospitalier Sud Francilien, Corbeil-Essonnes, France

elsa.brocas@chsf.fr

Samir Otmane

Laboratoire Informatique, BioInformatique, Système Complexe, Univ. D'Évry, Université Paris-Saclay
36 Rue Du Pelvoux, 91080 Évry-Courcouronnes, France.

samir.otmane@univ-evry.fr

Amine Chellali

Laboratoire Informatique, BioInformatique, Système Complexe, Univ. D'Évry, Université Paris-Saclay
36 Rue Du Pelvoux, 91080 Évry-Courcouronnes, France.

amine.chellali@univ-evry.fr

Catégorie de soumission : communication longue

RÉSUMÉ

Pour donner suite aux directives de la Haute Autorité de Santé, la simulation fait partie intégrante des nouvelles techniques d'enseignements en médecine. Cependant, dans certaines spécialités comme l'anesthésiologie, les outils de simulations à disposition ne répondent pas encore aux attentes des praticiens. Afin de remédier à ces problématiques, de nouveaux outils utilisant les nouvelles technologies pourraient être une solution. Néanmoins, leur conception nécessite une attention particulière afin que celle-ci satisfasse les besoins des praticiens. Dans l'intention de concevoir un simulateur en réalité virtuelle dédié à l'apprentissage de la procédure de l'anesthésie locorégionale échoguidée, nous avons adopté une approche centrée-utilisateur. La première étape consistait donc à réaliser une analyse des tâches effectuées par les opérateurs et des compétences pour leur réalisation. Cet article a pour but de proposer un modèle de tâches basé sur le formalisme MAD. Une association entre les tâches recensées et les compétences est également présentée.

MOTS-CLÉS

Conception centrée-utilisateur, Anesthésie locorégionale échoguidée, Modèle d'analyse de tâche, MAD, Compétences.

1 INTRODUCTION

Pour donner suite à la directive de 2012 de la Haute Autorité de Santé (HAS) « **jamais la première fois sur un patient** » (Granry & Moll, 2012), l'utilisation de la simulation est devenue inéluctable pour l'apprentissage médical. L'objectif à travers cette directive est d'éviter les gestes médicaux invasifs et de conserver la sécurité du patient (Betz et al., 2014). C'est pourquoi, le développement des nouveaux outils pour la formation médicale est devenu un besoin indubitable. Parmi les spécialités visées par cette directive, nous nous intéressons dans ce travail à l'anesthésie, et plus particulièrement l'anesthésie locorégionale échoguidée (ALE). En effet, cette pratique demande spécifiquement de maîtriser des gestes techniques assez complexes.

1.1 L'anesthésie locorégionale échoguidée

L'anesthésie locorégionale est une procédure au cours de laquelle un anesthésiant est injecté autour des nerfs à travers une aiguille afin de bloquer l'influx nerveux provenant de la zone à opérer. Cette technique, à contrario d'une anesthésie générale, procure une plus grande efficacité analgésique et par conséquent, une diminution d'incident, d'effets secondaires et de besoins post-opératoires (SFAR, 2021; Gaertner, 2001). Il existe deux méthodes pour repérer les nerfs à anesthésier : la neurostimulation et l'échographie. Ces dernières années, l'anesthésie locorégionale guidée par échographie s'est imposée face à la neurostimulation car elle donne la possibilité de voir en temps réel les nerfs à anesthésier, permettant ainsi de réduire le volume d'anesthésiant injecté et d'améliorer la précision des injections (Ecoffey & Estebe, 2008). Ainsi, la procédure à l'ALE requiert que le praticien maîtrise différentes compétences techniques. Par exemple, la manipulation de la sonde échographique avec la reconnaissance de l'image ou encore l'insertion d'aiguille car les nerfs sont souvent proches de structures vitales, comme les artères et les veines (Bouaziz & Jochum, 2010).

Néanmoins, à l'heure actuelle, la formation des nouveaux anesthésistes est basée essentiellement sur des cours magistraux et des observations didactiques. Puis, ils sont amenés à pratiquer directement sur un patient sous la supervision d'un pair plus expérimenté (Chang, 2013). Ainsi, l'utilisation de la simulation pour enseigner aux internes les gestes techniques fondamentaux à la réalisation de cette procédure est plus qu'indispensable afin de ne pas compromettre la sécurité des patients.

1.2 Simulateurs en anesthésie locorégionale échoguidée

Selon la littérature, le terme « simulation » peut se définir de différentes manières et ne trouve pas de compromis parmi les chercheurs. Ainsi, en raison de ce manque de consensus et par rapport à notre thématique de recherche sur la formation en santé, la définition suivante nous a paru la plus adaptée car elle reprend bien le rôle de la simulation médicale dans la formation des professionnels de santé : « Le terme simulation en santé correspond à l'utilisation d'un matériel (comme un mannequin ou un simulateur procédural), de la réalité virtuelle, ou d'un patient standardisé pour reproduire des situations ou des environnements de soin, dans le but d'enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et de répéter des processus, des concepts médicaux, ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels » (Granry & Moll, 2012).

Ainsi, la simulation en santé regroupe diverses méthodes et techniques. En ALE, certains simulateurs ont vu le jour comme le Blue Phantom Select. Ce simulateur est utilisé pour apprendre les gestes techniques essentiels tels que l'insertion d'aiguille. Le Blue Phantom est un bloc en silicone intégrant des petites structures tubulaires (artère, veine et nerf). Néanmoins, pour l'utiliser, il doit être accompagné d'un échographe externe ainsi que d'une aiguille qui ne sont pas fournies. De plus, ce simulateur reste coûteux avec une durée de vie limitée. En effet, les aiguilles insérées laissent des traces visibles à l'échographie changeant ainsi les propriétés mécaniques du tissu pouvant par conséquent gêner les apprenants suivants (Nicholson & Crofton, 1997; Enquobahrie et al., 2019).

Face à cette problématique de durabilité, de nouveaux moyens ont été explorés tels que l'utilisation de la réalité virtuelle qui permet d'offrir un environnement sécuritaire pour l'apprentissage. Cette technologie permet d'immerger les apprenants dans un environnement réaliste au sein duquel ils peuvent s'entraîner sur divers scénarios de manière répétitif et illimitée dans le temps jusqu'à maîtriser la compétence visée. De cette façon, le formateur peut enseigner les compétences techniques (compétences concernant le geste), non-techniques (compétence de planification des soins, communication, travail d'équipe) ou encore procédurales (réalisation d'un enchaînement d'action) à l'apprenant sans risquer la vie du patient (Benhamou et al., 2012). L'utilisation de la simulation en réalité virtuelle a déjà montré son efficacité pour l'apprentissage des compétences médicales (Yiannakopoulou et al., 2015; Seymour et al., 2002; Chellali et al., 2016).

Toutefois, le développement de ce type d'outils est complexe et potentiellement coûteux (Chellali et al., 2016) avec un manque de lignes directrices pour la conception. C'est pourquoi, l'acceptation de cette technologie pour la formation implique une approche de conception rigoureuse, visant à assurer

une fidélité élevée des tâches et compétences à apprendre, de l'environnement ainsi que du comportement des apprenants par rapport au monde réel (Harris et al., 2020). Pour cela, des méthodes de conception centrée-utilisateurs doivent être employées afin de développer ces nouvelles technologies mieux adaptées aux besoins des utilisateurs (Chellali et al., 2016).

1.3 Conception centrée-utilisateur

La méthode de la conception centrée-utilisateur a été décrite dans la norme ISO 9241-210. La première étape à réaliser pour concevoir un simulateur à travers cette approche est de comprendre et de préciser le contexte en étudiant les caractéristiques des utilisateurs (ex : leurs expertises et compétences), en formalisant les tâches qu'ils devront effectuer avec le système et en analysant l'environnement au sein duquel le système sera intégré (Loup-Escande et al., 2013). Pour réaliser cette première étape, l'une des méthodes associées est celle de l'analyse de la tâche.

L'analyse de la tâche permet de mieux comprendre comment les utilisateurs passent des objectifs aux tâches puis aux actions. Ainsi, la finalité de cette analyse est de mettre en évidence l'ensemble des tâches réalisées afin de mieux comprendre comment une activité est effectuée et comment il faudrait la simuler. Pour cela, il existe divers modèles d'analyse de tâches tels que la Méthode Analytique de Description de Tâches (MAD) proposée par Scapin et Pierret-Golbreich (1989). Ce modèle permet de décomposer les tâches en sous-tâches, de mettre en évidence les relations d'ordonnance temporelle des sous-tâches et de recenser les objets utilisés pour accomplir la tâche. De plus, son formalisme simple des tâches permet à une équipe pluridisciplinaire de pouvoir le comprendre plus facilement.

Cette étude a donc pour objectif de réaliser la première étape de la conception centrée-utilisateur dans le but de mieux connaître les tâches et compétences liées à l'ALE. La finalité de celle-ci, sera de concevoir un simulateur en réalité virtuelle visant à former les internes à la réalisation de l'ALE.

2 MÉTHODOLOGIE

L'analyse de la tâche et des compétences a été réalisée en trois étapes décrites ci-après.

2.1 Conception du modèle de tâches

Afin de suivre les principes de la conception centrée-utilisateur, la première étape a consisté à concevoir le modèle de tâche. Ce travail décompose la procédure en étapes, tâches et sous-tâches. L'ensemble des étapes permet d'atteindre l'objectif principal de la procédure. Les étapes ne se produisent qu'une seule fois. Les tâches sont des actions qui sont combinées pour atteindre l'objectif de l'étape. Elles peuvent se produire plusieurs fois au cours d'une même étape. Les tâches sont composées de sous-tâches, d'actions plus définies. Les sous-tâches peuvent se produire plusieurs fois au cours d'une même tâche. Les étapes, les tâches et les sous-tâches sont de nature hiérarchique. Leur ordre et leur structure peuvent donc être représentés par des diagrammes en arbre. Ainsi, des arbres de décomposition hiérarchique décrivant la procédure ALE à ces différents niveaux de détails ont été générés en utilisant le logiciel de cartographie mentale Xmind (XMIND LTD, version 22.09.3168).

Le modèle de tâche a été réalisé à partir de données provenant de la littérature, de vidéos pédagogiques (Quincy Anesthésie, 2021), ainsi que des observations macroscopiques effectuées sur le terrain pendant sept jours au service d'anesthésie-réanimation partenaire (un total de 42 cas observés). Pendant ces observations, nous avons demandé aux anesthésistes de verbaliser leurs pratiques afin d'avoir des précisions sur les tâches réalisées pour accomplir la procédure. Cette verbalisation s'est effectuée sous forme de question-réponse inspiré de la technique du TPC (Bisseret et al., 1999). Une fois l'ensemble des données regroupées, le modèle MAD a été construit sur Xmind.

2.2 Validation du modèle de tâches

La première étape de validation s'est déroulée lors de la réunion hebdomadaire du service d'anesthésie-réanimation partenaire. Cette réunion a regroupé dix anesthésistes experts. Pendant cette séance de validation d'une durée d'une heure, le diagramme a été exposé par vidéoprojecteur devant l'équipe d'anesthésistes. Au cours de cette séance, les anesthésistes étaient invités à s'exprimer

librement sur la cohérence du modèle par rapport à leur pratique individuelle. Ainsi, ces retours en temps réel ont permis de confronter les pratiques. L'intérêt de cette démarche était de réaliser un modèle générique de la pratique de la procédure d'ALE.

À la suite de cette première phase de validation, des modifications ont été apportées au modèle de tâches en se basant sur les retours des experts. Ces modifications portaient majoritairement sur des erreurs de terminologie.

La validation finale s'est effectuée à distance en raison du planning chargé des anesthésistes. Ainsi, le diagramme a été envoyé par mail accompagné d'un questionnaire de validation en ligne, permettant de spécifier le profil des répondants ainsi que leur avis positif ou négatif sur la validité du modèle.

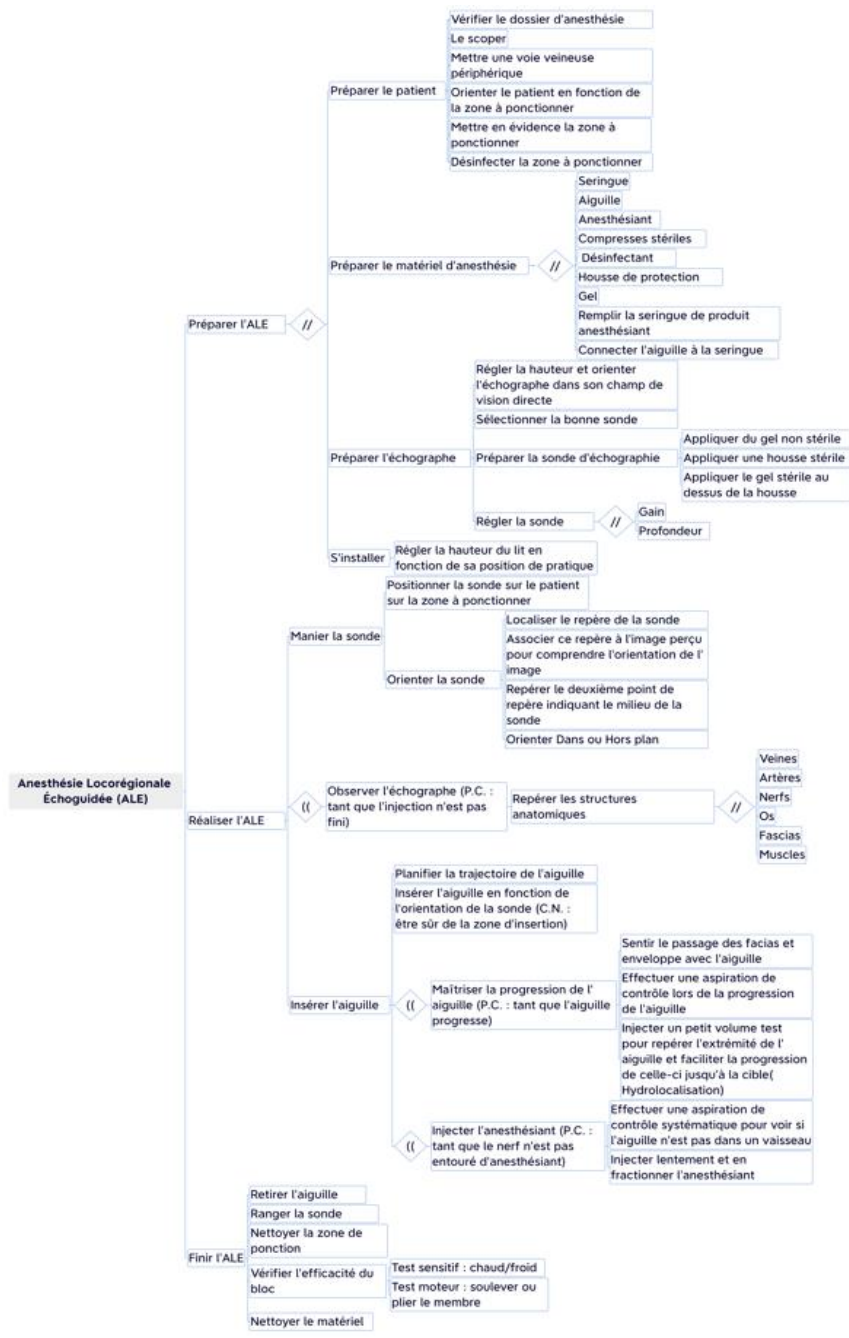


Figure 1: MAD de la procédure de l'anesthésie locorégionale échoguidée

2.3 Association tâches-compétences

Une fois le modèle des tâches validé par les experts, nous avons associé les tâches aux compétences auxquelles elles faisaient référence. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur les

travaux de Bouaziz et Jochum (2010) listant les compétences à développer pour réaliser une ALE ainsi que sur les verbalisations de celles-ci par les praticiens lors de l'étape de validation du modèle.

3 RÉSULTATS

3.1 Participants

Sur les dix anesthésistes présents lors de la première séance de validation, seuls huit ont répondu au questionnaire de validation finale (6 hommes et 2 femmes, avec 13.12 ± 8.33 pour le nombre moyen d'années de pratique et 675 ± 353 cas d'ALE réalisés en moyenne).

3.2 Décomposition hiérarchique des tâches

L'ALE est une technique d'injection d'anesthésique au niveau d'un bloc nerveux pour l'anesthésie ou l'analgésie postopératoire de plusieurs types de chirurgie du membre inférieur ou supérieur, comme l'ostéosynthèse de la fracture du col du fémur à la prothèse totale de genou. Notre analyse montre que l'ALE se compose de trois étapes principales, elles-mêmes décomposées en tâches et sous-tâches. La première étape consiste à préparer le patient en l'installant et en préparant la zone à anesthésier tout en s'assurant du respect des règles d'hygiène. Cette étape inclut également la préparation du matériel à utiliser. Ce dernier comprend un échographe avec une sonde linéaire et une aiguille. La seconde étape consiste à réaliser l'ALE. Elle inclut la manipulation de la sonde à la surface de la peau du patient pour observer et repérer les structures anatomiques tout en insérant l'aiguille. Lorsque l'aiguille atteint la zone cible, le praticien peut injecter l'anesthésiant puis observe sa distribution autour du nerf. La décomposition hiérarchique de la procédure d'ALE est présentée sur la Figure 1. Tous les experts participants ont validé l'arbre de décomposition hiérarchique proposé.

3.3 Association tâches-compétences

Après discussion avec les experts, nous avons choisi de nous concentrer uniquement sur l'étape « Réaliser l'ALE » et ses tâches pour le développement de notre simulateur d'ALE. En effet, les experts ont souligné que les compétences à apprendre pour cette étape étaient les plus difficiles à acquérir et celles qui nécessitent la courbe d'apprentissage la plus longue. Ainsi, dans cette phase d'association, nous avons uniquement mis en relation les sous-tâches et les compétences liées à cette étape. La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** représente un focus sur cette étape, ses tâches et leurs sous-tâches.

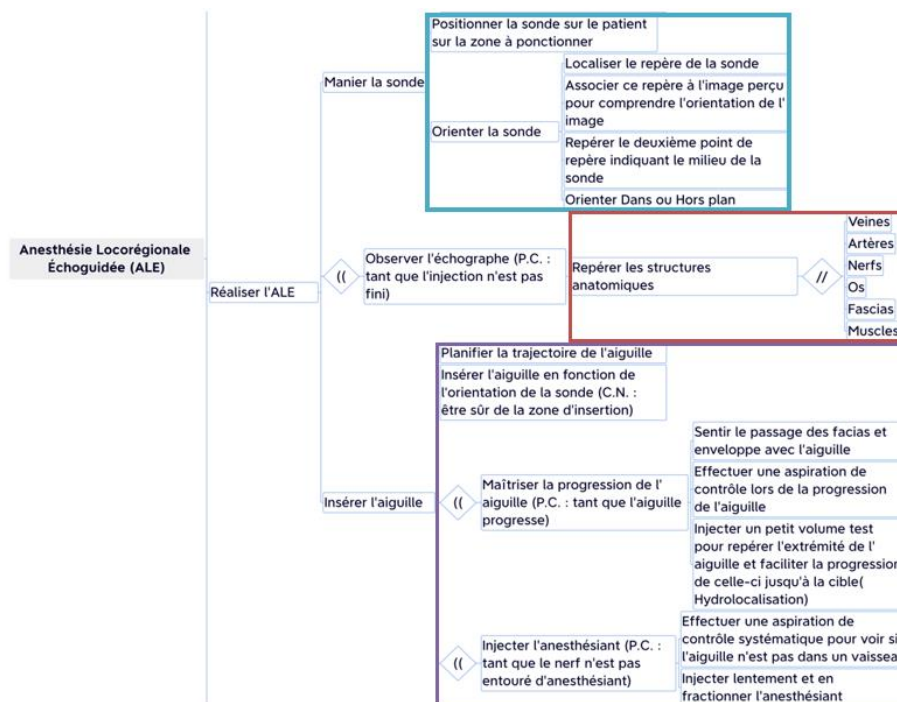


Figure 2 : Zoom sur l'étape "Réaliser l'ALE"

Selon Bouaziz et Jochum (2010), les compétences nécessaires à la maîtrise de l'ALE peuvent être regroupées en quatre catégories : (1) la compréhension des bases physiques des ultrasons et manipulation de l'équipement, (2) l'optimisation de l'image, (3) l'interprétation de l'image et (4) l'introduction de l'aiguille et injection de la solution. Parmi ces quatre catégories, seules les trois dernières sont liées à l'étape « Réaliser une ALE ». À titre d'exemple, le groupe de compétence « Introduction de l'aiguille et injection de la solution » inclut des compétences telles que : savoir reconnaître la position intramusculaire de l'aiguille, apprendre à reconnaître une diffusion optimale de la solution ou encore minimiser les mouvements non-intentionnels (Bouaziz & Jochum, 2010). Nos associations entre les sous-tâches et les compétences sont présentées dans le Tableau .

Tableau 1: Associations des compétences pour l'étape "Réaliser l'ALE"

Sous-tâches	Groupe de Compétences	Compétences associées
Orienter la sonde	Optimisation de l'image	- Comprendre et savoir utiliser l'alignement de la sonde - Comprendre et savoir utiliser la rotation de la sonde - Comprendre et savoir utiliser le mouvement d'inclinaison de la sonde en direction caudale et crâniale
Positionner la sonde sur le patient		- Maîtriser les conséquences d'une pression plus ou moins importante exercée par la sonde
Repérer les structures anatomiques	Interprétation de l'image	- Identifier les nerfs - Identifier les muscles et les fascias - Identifier les vaisseaux, et être capable de distinguer artères et veines - Identifier les os et la plèvre - Connaître et reconnaître les images construites - Connaître et identifier les pièges anatomiques - Repérer les structures vasculaires situées sur le trajet de l'aiguille
Planifier la trajectoire de l'aiguille	Introduction de l'aiguille et injection de la solution	- Maîtriser l'approche <i>dans le plan</i> - Maîtriser l'approche <i>hors plan</i> - Maîtriser les avantages et les limites de chacune des approches
Insérer l'aiguille en fonction de l'orientation de la sonde		- Maîtriser l'approche <i>dans le plan</i> - Maîtriser l'approche <i>hors plan</i> - Maîtriser les avantages et les limites de chacune des approches
Maîtriser la progression de l'aiguille		- Savoir reconnaître la position intramusculaire de l'aiguille - Optimiser l'ergonomie - Contrôler d'une manière coordonnée les mouvements des yeux et des mains - Minimiser les mouvements non intentionnels
Injecter l'anesthésiant		- Savoir reconnaître une position intra vasculaire de l'aiguille - Apprendre à reconnaître une diffusion optimale de la solution

4 DISCUSSION & PERSPECTIVES

La conception de nouveaux outils pour l'enseignement médical demande de la rigueur compte tenu du contexte de sécurité attendu. Généraliser les méthodes de conception et impliquer les utilisateurs (apprenants) et les spécialistes du domaine (experts) dans la boucle permet de mieux déterminer leurs besoins et leurs attentes (Chellali et al., 2016). C'est pourquoi, utiliser la méthode MAD pour construire et valider le modèle hiérarchique des tâches de l'ALE nous a semblé être le plus adapté pour guider la conception de notre simulateur. En effet, son formalisme simple et compréhensible de tous a représenté un avantage notamment lors de sa validation.

Grâce au travail effectué en collaboration avec les experts de la discipline, nous avons pu recenser l'ensemble des tâches à effectuer pour réaliser une ALE (Figure 1). Nous avons également proposé une association entre certaines tâches et les compétences nécessaires à leur réalisation (Tableau 1). À notre connaissance, c'est le premier travail à proposer un modèle des tâches et une association tâches-compétences pour l'ALE. Bien que différentes approches puissent exister pour la réalisation de cette procédure, la validation par huit experts différents du modèle de tâches proposé permet de conclure que celui-ci est suffisamment générique pour décrire la procédure d'ALE. Néanmoins, l'étude ayant été réalisée dans un seul service, dans lequel les membres ont l'habitude de travailler ensemble et d'échanger sur leur pratique, il nous semble nécessaire dans le futur de faire valider ce modèle par d'autres experts, externes au service en question, afin de valider sa généralisabilité.

La décomposition hiérarchique est un outil analytique puissant permettant de construire un cadre pour structurer un environnement de travail complexe, tel qu'un bloc opératoire (Cao et al., 1999). Ceci permet notamment de guider la conception des simulateurs virtuels avec des modules spécifiques centrés sur les compétences nécessitant une attention particulière pendant la formation.

Ce travail a plusieurs implications sur la conception de notre simulateur immersif pour l'apprentissage de l'ALE.

D'abord, et après discussions avec les experts, notre attention s'est plus particulièrement portée sur l'étape de réalisation de l'ALE, ainsi que ses tâches et sous-tâches. En effet, elle inclut selon les experts, les compétences les plus critiques à acquérir lors de l'apprentissage de l'ALE. Ceci suggère que notre conception du simulateur de formation devra être centrée sur les tâches de manipulation de la sonde et de l'aiguille ainsi que sur l'observation et l'interprétation des images d'échographie.

Ainsi pour maîtriser le groupe de compétences "Optimisation des images", le simulateur devra permettre une manipulation naturelle de la sonde d'échographie (pour maîtriser ses mouvements) ainsi qu'un retour haptique lorsqu'elle touche le corps du patient (pour maîtriser la pression). Ensuite, pour maîtriser le groupe de compétences "Interprétation de l'image", le simulateur devra inclure un affichage fidèle et dynamique des images d'échographie incluant l'ensemble des structures anatomiques visées ainsi qu'une cohérence de leur placement par rapport à l'anatomie humaine. Enfin, pour maîtriser le groupe de compétences "Introduction de l'aiguille et injection de la solution", le simulateur devra inclure une manipulation naturelle de l'aiguille avec un retour haptique afin de maîtriser ses mouvements, d'assurer la maîtrise de la coordination œil-main, et d'apprendre à contrôler les mouvements non-intentionnels. La maîtrise des deux approches de positionnement de la sonde par rapport à l'aiguille (dans et en dehors du plan) nécessitera en plus de la manipulation naturelle des instruments, une correspondance à l'échelle-1 entre les mouvements de l'utilisateur dans le monde réel et les déplacements des objets correspondants de l'environnement virtuel.

Néanmoins, une étude plus approfondie de l'environnement du bloc opératoire, et plus particulièrement des équipements et instruments nécessaires à la réalisation de l'ALE sera nécessaire afin de simuler l'environnement virtuel d'une manière suffisamment fidèle pour assurer l'immersion des apprenants pendant la formation.

Enfin, les observations réalisées ont été uniquement focalisées sur les tâches et les compétences. D'autres aspects, tels que les interactions formateurs-apprenants n'ont pas été étudiés. La communication est un aspect très important lors du transfert des compétences entre l'anesthésiste expert et le novice. Par conséquent, nous projetons d'explorer dans une prochaine étude, la communication expert-novice durant l'enseignement de la procédure. Le but sera de recenser les modalités de communication utilisées pour le transfert des compétences et d'explorer leur transposition dans un simulateur virtuel pour l'ALE. Notre hypothèse étant que la réintroduction du formateur dans un simulateur immersif, permettrait un meilleur transfert de compétences. En effet, cette approche permettra de reproduire les méthodes d'apprentissage par compagnonnage observées sur le terrain et ayant fait leurs preuves, tout en respectant les recommandations de l'HAS qui préconise une formation par la simulation afin d'assurer la sécurité des patients.

5 REMERCIEMENTS, FINANCEMENTS ET MENTIONS ETHIQUES

Ce travail a été soutenu par l'Agence National de la Recherche (ANR-20-CE33-0010Show-me).

6 REFERENCES

- Benhamou, D., Roulleau, P., & Trabold, F. (2012). La simulation en anesthésie-réanimation: outil pédagogique et d'amélioration de la prise en charge des patients. *Réanimation*, 22, 383–390.
- Betz, R., Ghuysen, A., & D'Orio, V. (2014). Simulation en pédagogie médicale: état des lieux. *Revue médicale de Liège*, 69.
- Bisseret, A., Sébillotte, S., & Falzon, P. (1999). *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes*. Toulouse: Octarès.
- Bouaziz, H., & Jochum, D. (2010). Formation et évaluation de l'apprentissage. *SFMU/Samu de France-Enseignement supérieur et conférences*.
- Cao, C. G., MacKenzie, C. L., Ibbotson, J. A., Turner, L. J., Blair, N. P., & Nagy, A. G. (1999). Hierarchical decomposition of laparoscopic procedures. *Studies in Health Technology and Informatics*, 62, 83–89.
- Chang, C.-H. (2013). Medical simulation is needed in anesthesia training to achieve patient's safety. *Korean Journal of Anesthesiology*, 64, 204–211.
- Chellali, A., Mentis, H., Miller, A., Ahn, W., Arikatla, V. S., Sankaranarayanan, G., . . . Cao, C. G. (2016). Achieving interface and environment fidelity in the Virtual Basic Laparoscopic Surgical Trainer. *International journal of human-computer studies*, 96, 22–37.
- Ecoffey, C., & Estebe, J.-P. (2008, October). De la neurostimulation à l'échoguidage : une révolution pour la pratique clinique quotidienne et l'enseignement de l'anesthésie locorégionale. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 27, 795–796.
- Enquobahrie, A., Horvath, S., Arikatla, S., Rosenberg, A., Cleary, K., & Sharma, K. (2019, November). Development and face validation of ultrasound-guided renal biopsy virtual trainer. *Healthcare technology letters*, 6, 210–213.
- Gaertner, E. (2001). Anesthésie locorégionale en ambulatoire. Dans *Conférences d'actualisation SFAR* (pp. 185–202).
- Granry, J. C., & Moll, M. C. (2012). Rapport de mission Haute Autorité de Santé. *Etat de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé*.
- Harris, D. J., Bird, J. M., Smart, P. A., Wilson, M. R., & Vine, S. J. (2020). A framework for the testing and validation of simulated environments in experimentation and training. *Frontiers in Psychology*, 11, 605.
- Loup-Escande, E., Dominjon, L., Perret, D., Erhel, S., Jamet, E., Michinov, N., . . . Ragot, M. (2013). La démarche de Conception Centrée-Utilisateur en Réalité Virtuelle: l'exemple du projet VirtualiTeach. *Journées de l'Association Française de Réalité Virtuelle*.
- Nicholson, R. A., & Crofton, M. (1997). Training phantom for ultrasound guided biopsy. *The British journal of radiology*, 70, 192–194.
- Quincy Anesthésie. (2021). *Emissions*. Consulté le Février 4, 2023, sur Emissions: <http://quincyanesthesie.com/webtv/emissions/>
- Scapin, D. L., & Pierret-Golbreich, C. (1989). MAD: Une méthode analytique de description des tâches. *Actes du colloque sur l'ingénierie des Interfaces Homme-Machine*.
- Seymour, N. E., Gallagher, A. G., Roman, S. A., O'Brien, M. K., Bansal, V. K., Andersen, D. K., & Satava, R. M. (2002). Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Annals of surgery*, 236, 458.
- SFAR. (2021). *Information médicale sur l'anesthésie*. Consulté le Février 4, 2023, sur Information médicale sur l'anesthésie: <https://sfar.org/pour-le-grand-public/information-medecale-sur-lanesthesie/>

Yiannakopoulou, E., Nikiteas, N., Perrea, D., & Tsigris, C. (2015). Virtual reality simulators and training in laparoscopic surgery. *International Journal of Surgery*, 13, 60–64.