

Réalité virtuelle et augmentée au service de l'apprentissage en santé

Pr Dan BENHAMOU - Département d'Anesthésie Réanimation, Centre de simulation LabForSIMS, Groupe hospitalo-universitaire et Faculté de Médecine Paris Saclay

Résumé : Les nombreux travaux réalisés au cours des vingt dernières années ont bien montré l'apport considérable des méthodes innovantes de pédagogie en comparaison aux méthodes traditionnelles, correspondant essentiellement aux cours en amphithéâtre prodigués par un enseignant et reçus par un grand nombre d'étudiants en totale passivité. L'interactivité et la participation active des apprenants sont donc devenues une modalité importante régissant un enseignement moderne. La valeur d'un enseignement actif a été démontrée dans la majorité des domaines d'apprentissage mais les données en Santé ont été plus longues à acquérir. Aujourd'hui cependant, le principe de transformer l'apprentissage pour y introduire une part importante de pédagogie active est accepté et les textes réglementaires français récents modifiant l'organisation des études médicales (2nd cycle) et l'enseignement des spécialités (3ème cycle) ont été récemment publiés. Ces textes introduisent de plus le rôle de la simulation parmi les moyens d'évaluation des compétences. Parmi les méthodes de pédagogie active, la simulation est donc un modèle emblématique qui est surtout fondée sur l'apprentissage expérientiel. La simulation recouvre trois grands domaines : simulation humaine (jeux de rôle, formation à la relation soignant-soigné), simulation synthétique avec les mannequins haute et basse fidélité et simulation numérique. Celle-ci est associée à de nombreux avantages parmi lesquels la standardisation et la mise en œuvre de situations difficilement enseignables en pratique courante. Elle est basée sur des technologies de complexité croissante au cours des dernières années (2D puis 3D, immersivité croissante). La terminologie pour définir les différentes méthodes de simulation numérique est encore confuse. Pour notre équipe, la réalité virtuelle utilise un environnement totalement virtuel alors que la réalité augmentée ajoute des éléments virtuels sur un environnement réel alors que la réalité mixte ajoute des éléments réels sur un environnement virtuel. Le monde chirurgical s'est emparé précocement de la réalité virtuelle et a développé des outils d'apprentissage procédural (exemple laparoscopie) d'abord en 2D puis maintenant en 3D avec lunettes. Dans ce domaine, les études comparatives ont montré des résultats significativement améliorés par rapport aux méthodes d'enseignement traditionnel des gestes chirurgicaux.

Dans notre laboratoire LabForSIMS à la faculté de Médecin Paris Sud, nous avons créé en 2014-2015 deux jeux sérieux utilisant les technologies disponibles à cette époque, cad en 2D (sur écran d'ordinateur) et avec phrases affichées à l'écran, choix multiples de réponses et manipulation manuelle des objets sur l'écran par une souris. Les résultats des études comparatives ont montré que les scores obtenus par les infirmières expertes et celles en formation n'était pas

différents, suggérant un problème de validité du jeu lui-même malgré l'attention portée à sa réalisation. Cependant, une analyse plus fine montrait que les infirmières expertes avaient une appréhension du jeu et du raisonnement clinique simplifiée et plus directe que les infirmières en formation qui décomposaient les éléments de leur diagnostic clinique.

Une autre étude comparant l'apprentissage par un de ces jeux sérieux et une formation traditionnelle (en salle de cours avec diapositives) ne montrait pas non plus de différence sur les scores du jeu (centré sur le raisonnement clinique) mais identifiait clairement un intérêt et une satisfaction accrues avec la nouvelle méthode pédagogique, conduisant à une motivation d'apprendre plus grande. Les données de ces études sont globalement en accord avec la littérature.

Malgré les limitations sus-décrites, l'emploi de la simulation jusqu'ici limité à une méthode formative est en passe de devenir une méthode à visée évaluative, pouvant contribuer à des résultats sanctionnants. L'adoption de cette étape importante manque pourtant de bases scientifiques.

Plus récemment, débutant en 2016, nous avons engagé un projet de recherche faisant évoluer les technologies vers l'utilisation de réalité mixte et d'analyse conversationnelle. Le projet est encore en cours et les difficultés technologiques ne sont pas toutes parfaitement résolues.

Enfin, signalons qu'au-delà des résultats en terme d'apprentissage qui restent à améliorer ou à concrétiser, la réalité virtuelle est associée à un taux non négligeable de mal des simulateurs. Cet effet indésirable est peu signalé dans la littérature médicale alors que son impact négatif pourrait être important sur l'avenir de cette technologie. Il est également possible que les méthodes dérivées (réalité augmentée ou mixte) protègent en partie contre ces effets indésirables mais cela reste à étudier.

Une conclusion (temporaire) pourrait être la suivante. La réalité virtuelle est perçue par beaucoup comme une méthode importante pour améliorer l'apprentissage en santé. Elle peut être utilisée à toutes les étapes de la formation et pour tous les métiers. La terminologie est encore confuse, résultant d'une évolution rapide des technologies et d'une intrication entre les méthodes d'apprentissage.

Les résultats sont variables : l'apprentissage procédural est clairement amélioré alors que l'apprentissage du raisonnement ne l'est pas de façon significative. Cependant la motivation à apprendre est plus forte et il existe un espoir que le résultat global soit amélioré sur le long terme. La combinaison avec les outils traditionnels d'apprentissage et les autres outils de pédagogie innovante semble nécessaire. Les coûts élevés de création des outils numériques seront peut être compensés par des avantages économiques secondaires (« industrialisation des formations »). Cependant, la part humaine reste aujourd'hui incontournable et impose la réalisation de débriefings et la formation des formateurs.

Réalité virtuelle et augmentée au service de l'apprentissage en santé

Pr Dan BENHAMOU

Département d'Anesthésie Réanimation

Centre de simulation LabForSIMS

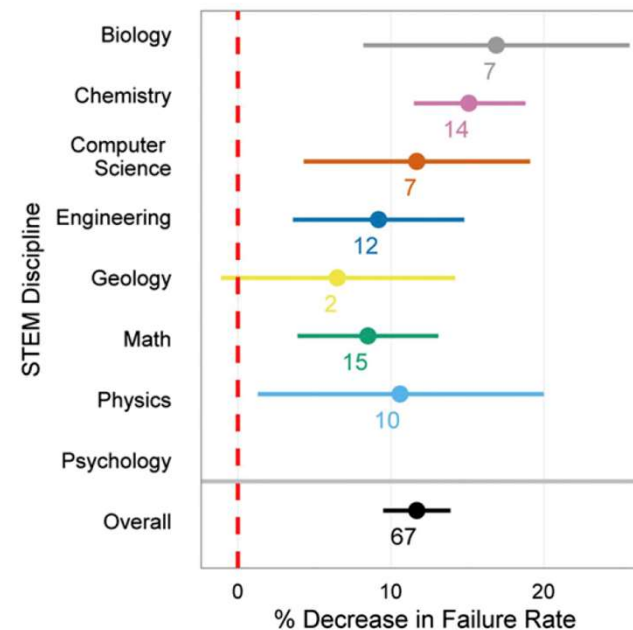
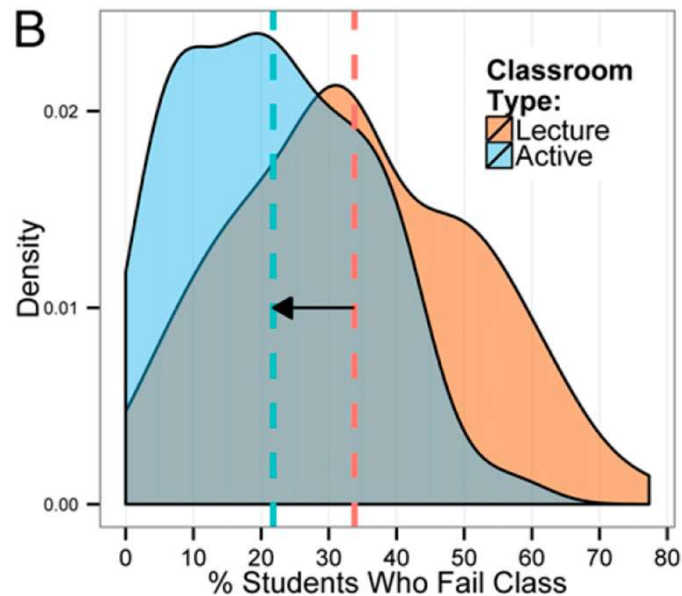
Groupe hospitalo-universitaire et Faculté de Médecine Paris Saclay

- Apprentissage en santé
- Pédagogie innovante améliore apprentissage
- Simu historique
- Simu HAS 3 types: humaine, synthétique numérique
- Numérique: malgré coût initial, coût réduit car moins de formateurs et formation grande échelle
- Besoin de débriefing cependant, observateurs versus acteurs
- Numérique: 2D écran ordinateur, 3D immersif mais utilisation possible des 2 technologies en santé, par exemple dans les SG ou les e-learning
- RV, RA, RM...?
- Exemples en médecine (soins): chirurgie, préparation à une intervention, éducation thérapeutique, prévention primaire, motivation des patients et des sujets sains (mobilité)
- Exemples en pédagogie (difficulté de démonstration de la validité, SG 2D ou 3D (exemples LabForSIMS): hybride (pose KT central)autres
- Simulation sickness

Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics

Freeman S et al, PNAS 2014

« Active learning engages students in the process of learning through activities and/or discussion in class, as opposed to passively listening to an expert. It emphasizes higher-order thinking and often involves group work »



Learners and Luddites in the Twenty-first Century

Martinelli SM et al, Anesthesiology 2019 in press

Knowledge		Skills		Professionalism	
Method	Description	Method	Description	Method	Description
Active learning	Learners participating, problem solving	Direct observation	Provide feedback	Role modeling	Learners emulate teachers
Spaced learning	Spread study over time	Spaced learning	Spread practice over time	Personal reflection	Repeated reflection on personal practice and skills
Interleaving	Mix up study or skill practice	Simulation/experiential learning	Hands-on practice of skills	Simulation/experiential learning	Interactive practice of professionalism
Retrieval practice	Test it to really know and remember it	Retrieval practice	Test it to demonstrate application of skill	Role playing	Gain perspective of others
Cognitive aids	Tools to help perform tasks				
E-learning	Internet-based				

Ma santé 2022



Rapport final

**Adapter les formations aux enjeux
du système de santé**

Thème n°1 : Mieux faire connaître le système de santé, les différents métiers et les modes d'exercice pour préparer les étudiant	12
Thème n°2 : Mieux adapter les flux de formation aux besoins réels du système de santé	16
Thème n°3 : Créer une culture et une identité commune chez les professionnels de santé.....	22
Thème n°4 : Transformer les approches pédagogiques de la formation des professionnels de santé	28
Thème n°5 : Intégrer le patient comme acteur de formation et d'évaluation des professionnels de santé	42
Thème n°6 : Accompagner les évolutions du système de santé par la formation	44
Thème n°7 : Développer une approche ambitieuse de la formation tout au long de la vie des professionnels de santé	48
Thème n°8 : Penser un système de formation plus souple et capable d'évolution.....	52

**DIPLÔME D'ÉTUDES SPECIALISÉES D'ANESTHESIE-REANIMATION
(Co DES avec MEDECINE INTENSIVE-REANIMATION)**

2. Phase socle

2.1. Durée :

2 semestres

2.2. Enseignements hors stages

Volume horaire :

2 demi-journées par semaine : une demi-journée en supervision et une demi-journée en autonomie (article R. 6153-2 du code de la santé publique)

Nature des enseignements :

En application de l'article 5 du présent arrêté :

- présentiel
- simulation
- séminaire
- à distance (numérique)

DIPLÔME D'ÉTUDES SPECIALISÉES DE CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE

2.5. Evaluation

Modalités de l'évaluation des connaissances :

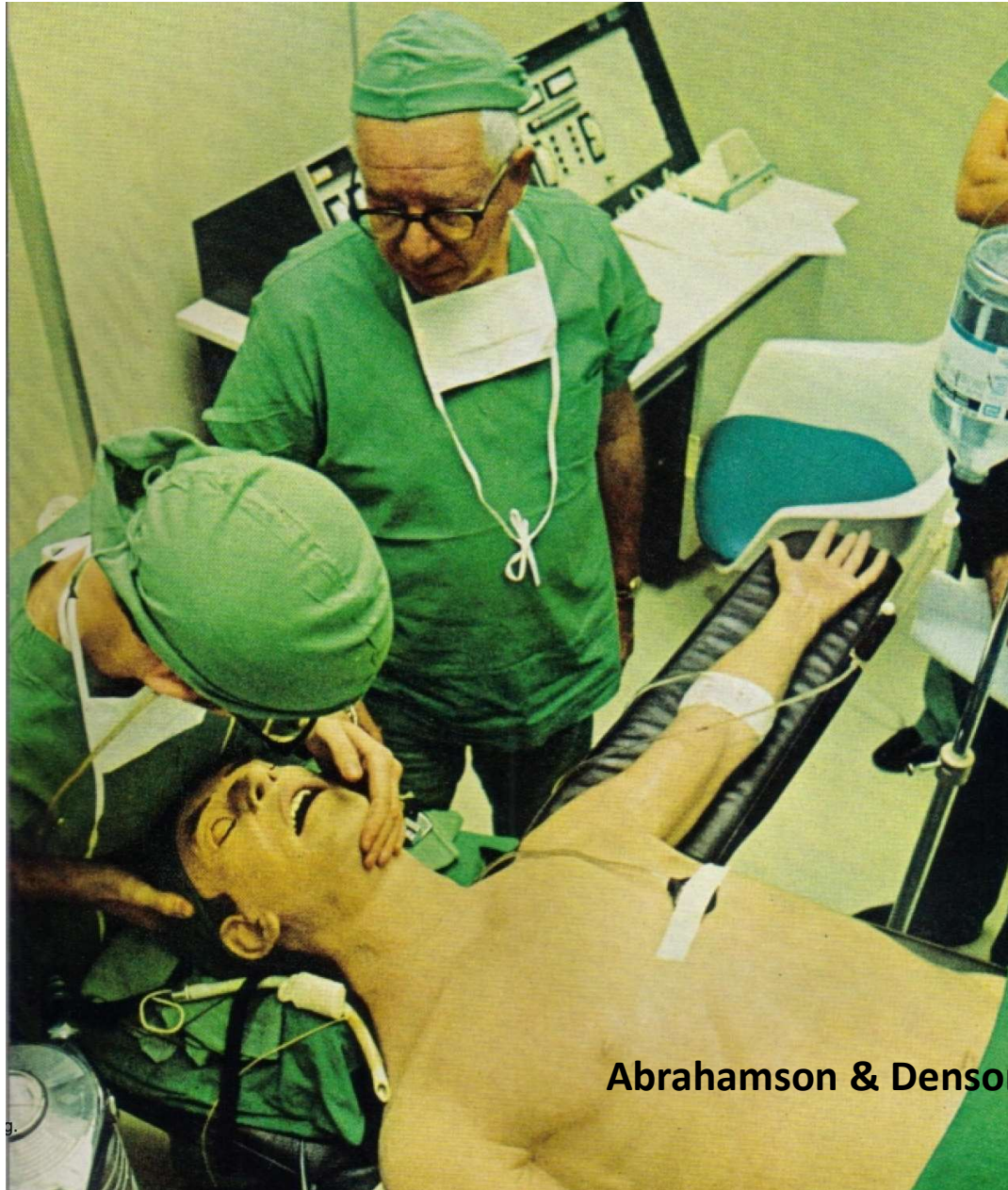
Conformément à l'article 59 de l'arrêté du 12 avril 2017 portant organisation du troisième cycle des études de médecine

- connaissances théoriques : autoévaluation à l'aide des questions qui suivent les cours mis en ligne sur la plateforme numérique (e-évaluation)

- connaissances pratiques :

en stage : portefeuille numérique, saisi par l'étudiant et certifié par le maître de stage, contenant les actes opératoires auquel l'étudiant a participé ou qu'il a réalisés

hors stage : bilan, certifié par le coordonnateur local, de l'activité réalisée en centres de simulation

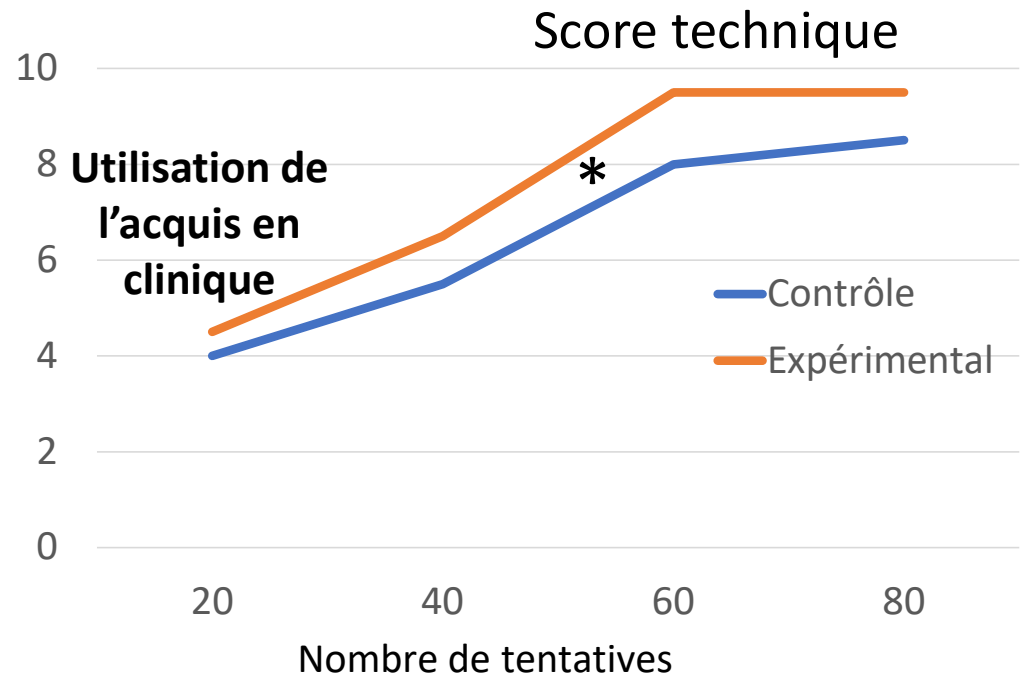
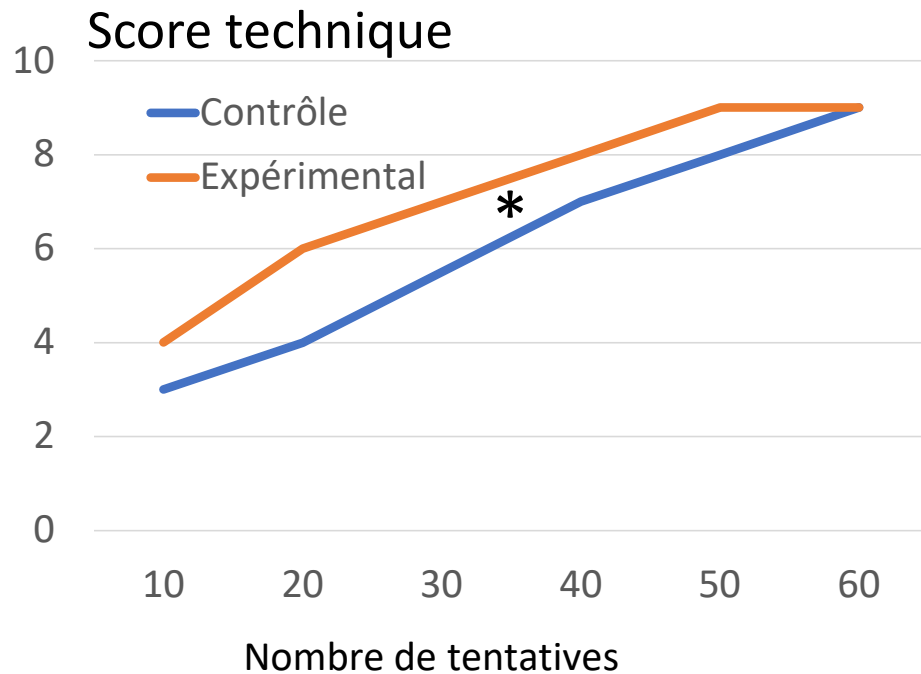


Abrahamson & Denson, 1969

Effectiveness of a simulator in training anesthesiology residents

Abrahamson S et al, J Med Educ 1969;44: 515–9

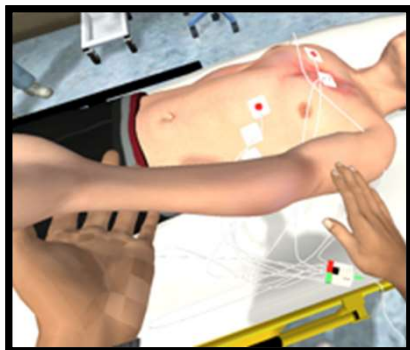
Intubation trachéale, 12 nouveaux internes



Simulation humaine



Simulation numérique



UNIVERSITÉ PARIS SUD
FACULTÉ DE MÉDECINE
université Paris-Saclay

LabForSIMS

Laboratoire de Formation par La Simulation et l'Image en Médecine et Santé

Simulation avec mannequins simulateurs



Simulation numérique

Standardisation

**Situations difficilement
reproductibles**

2D versus 3D

Immersion ± importante

**Apprentissage clinique,
évaluation**

Class label	Predominant competency	Predominant technology
Case Presentation	Knowledge	Multimedia systems
Interactive Patient Scenario	Clinical reasoning	Multimedia systems
VP Game	Clinical reasoning or Team training	Virtual worlds
High Fidelity Software Simulation	Procedural or basic clinical skills	Dynamic simulations or mixed reality
Human Standardized Patient	Patient communication skills	Multimedia systems
High Fidelity Manikin	Procedural and basic clinical skills, /Team training	Manikins or Part Task Trainers
Virtual Standardized Patient	Patient communication skills	Conversational characters

Kononowicz AA et al, BMC Med Educ 2015

Simulation numérique

	Réalité Mixte		
Réalité	Réalité augmentée	Virtualité augmentée	Virtuel
Environnement réel	Ajout d'éléments virtuel sur un environnement réel	Ajout d'éléments réels sur un environnement virtuel	Environnement intégralement virtuel

Medical News & Perspectives

Virtual and Augmented Reality Put a Twist on Medical Education

Bridget M. Kuehn, MSJ

JAMA February 27, 2018 Volume 319, Number 8

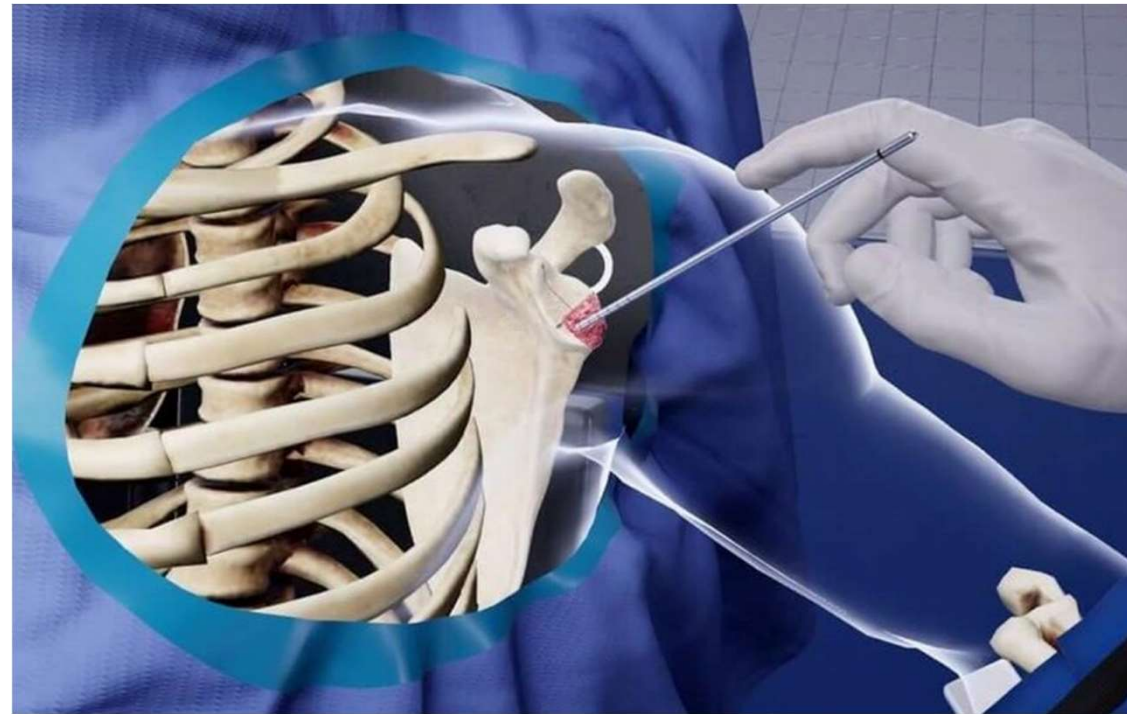
Remplacement versus complémentarité



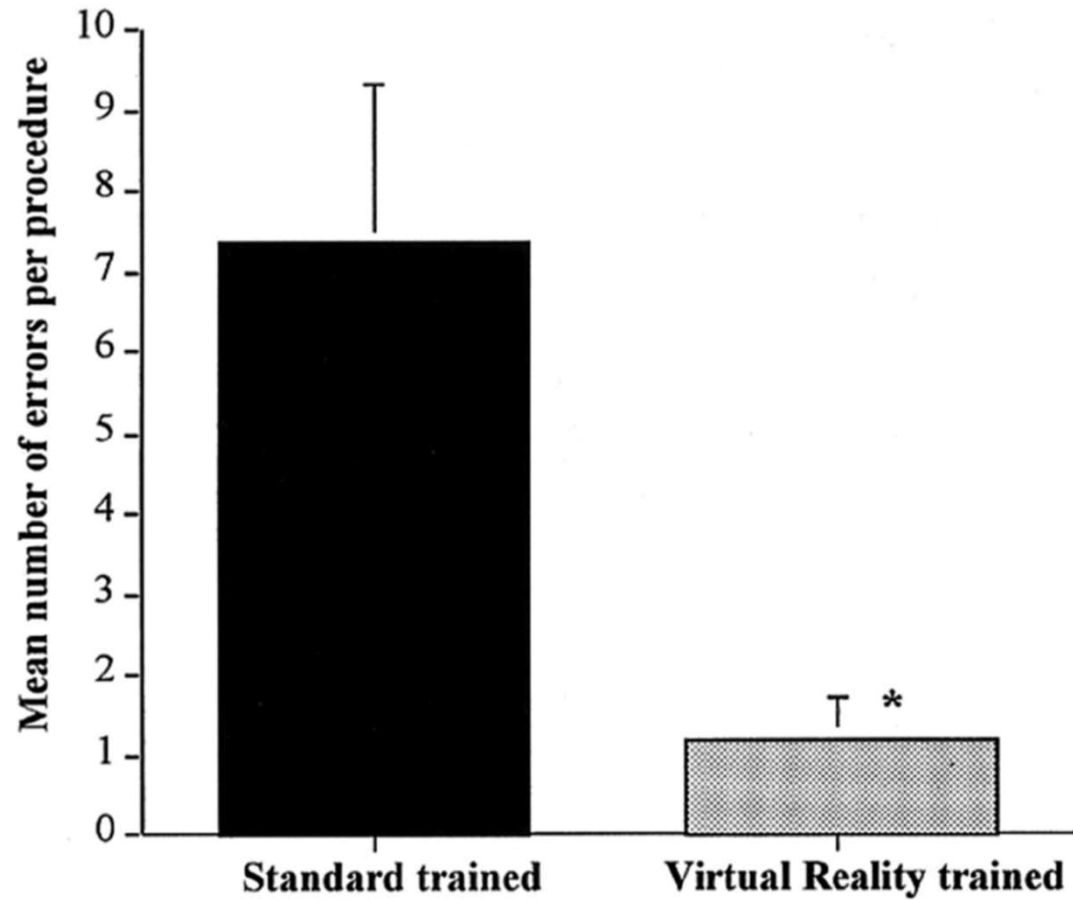
En chirurgie

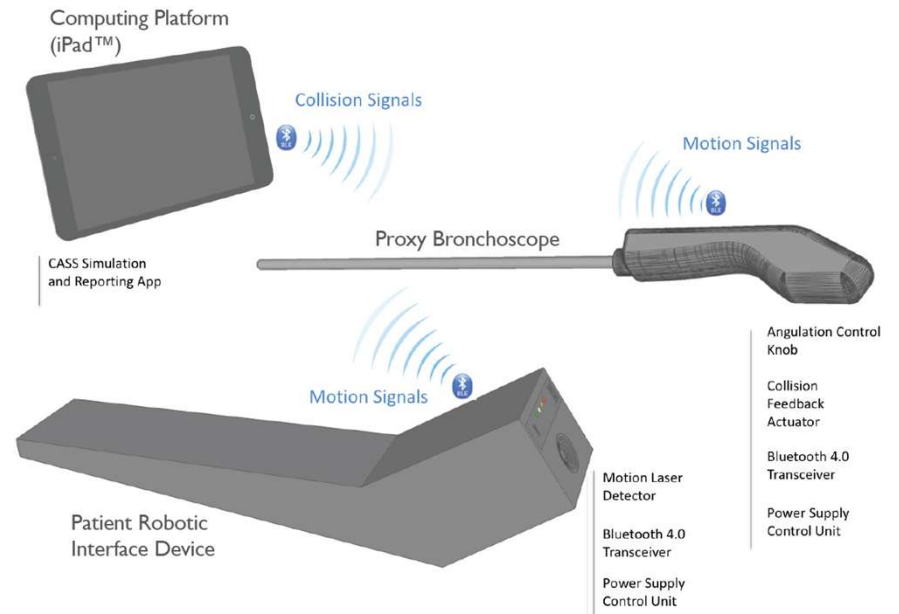


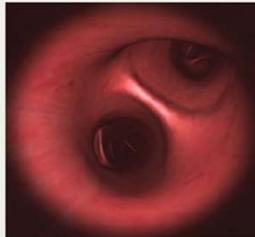
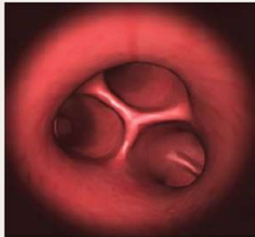
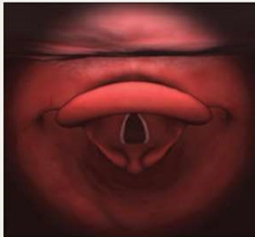
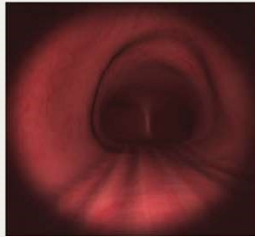
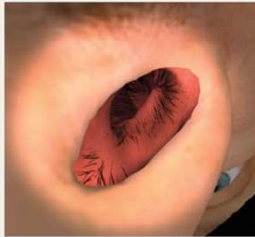
En chirurgie



En chirurgie







CASS
Computer Airway Simulation System

START STOP

Hide Markers Hide Labels

Hide Navigation Show Options

B1 - Apical segmental bronchus; B2 - Posterior segmental bronchus; B3 - Anterior segmental bronchus;

CASS
Computer Airway Simulation System

Final Report

Check Points Timing (min.sec)	General Statistics (min.sec or number)
Vocal folds: 0.25	Starting Option:
Carina: 0.47	Total simulation time: 4:11
Right Superior Lobar Bronchus: 0.52	Number of collisions: 5
Right Middle Lobar Bronchus: 1.21	<input type="button" value="Replay"/>
Right Inferior Lobar Bronchus: 1.20	20-04-2017 - 07:55
Left Superior Lobar Bronchus: 2.22	Name: <input type="text" value="John Smith"/>
Lingula: 2.26	<input type="button" value="Save"/> <input type="button" value="Load"/>
Left Inferior Lobar Bronchus: 2.50	

START STOP

Hide Markers Hide Labels


Hide Navigation Show Options

Final Report

Check Points Timing (min.sec)

Vocal folds:	0.25
Carina:	0.47
Right Superior Lobar Bronchus:	0.52
Right Middle Lobar Bronchus:	1.21
Right Inferior Lobar Bronchus:	1.20
Left Superior Lobar Bronchus:	2.22
Lingula:	2.26
Left Inferior Lobar Bronchus:	2.50

General Statistics (min.sec or number)

Starting Option: 

Total simulation time: 4.11

Number of collisions: 5

Replay

20-04-2017 - 07:55

Name: **John Smith**

Save

Load

CASS

Computer
Airway
Simulation
System

START

STOP

Hide
Markers

Hide Labels

Hide
Navigation

Show
Options





FACULTÉ
DE MÉDECINE



LabForGAMES

LabForSIMS Formation par les Serious Games

NEURO



FACULTÉ
DE MÉDECINE

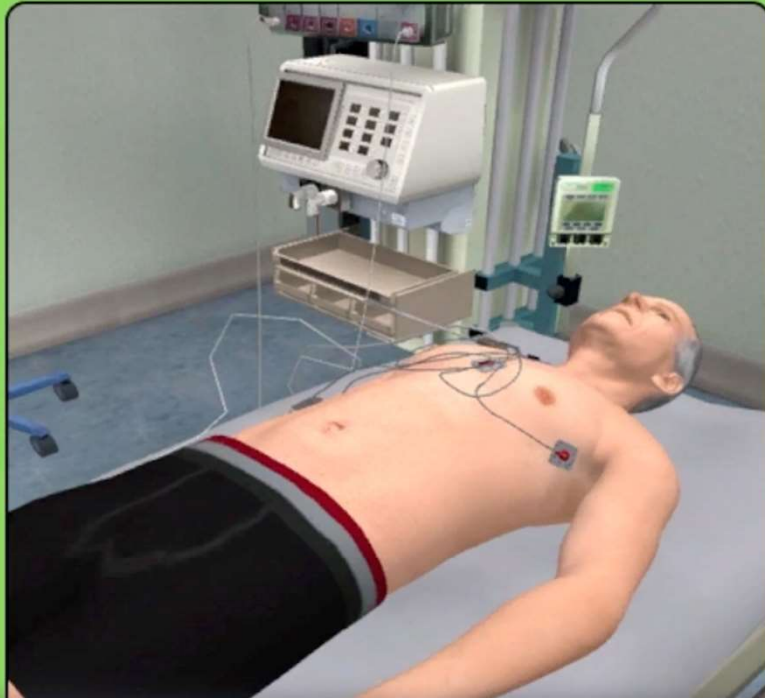


LabForGAMES

LabForSIMS Formation par les Serious Games

WARNING

Informations sur le patient



Homme de 60 ans, transporté aux urgences par les pompiers pour une chute mécanique de sa hauteur sur une plaque de verglas avec traumatisme crânien survenu devant sa femme.

Vous êtes le médecin des urgences.

Il est 15h10, le 4 novembre.

URGENCES NEUROLOGIQUES

le 4 novembre

Accélérer

FC

1MV



Ordinateur



- Projet pédagogique: dans le programme des IFSI



- Projet de recherche en pédagogie
 - Validité des jeux sérieux
 - Intérêt de la simulation numérique dans le raisonnement clinique des étudiants infirmiers

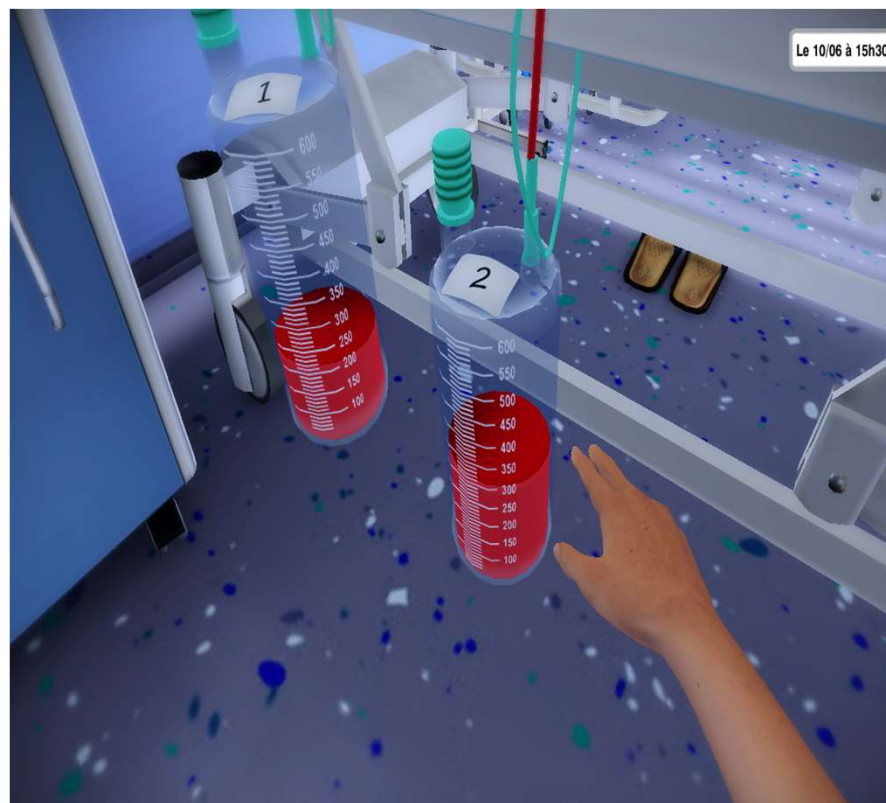


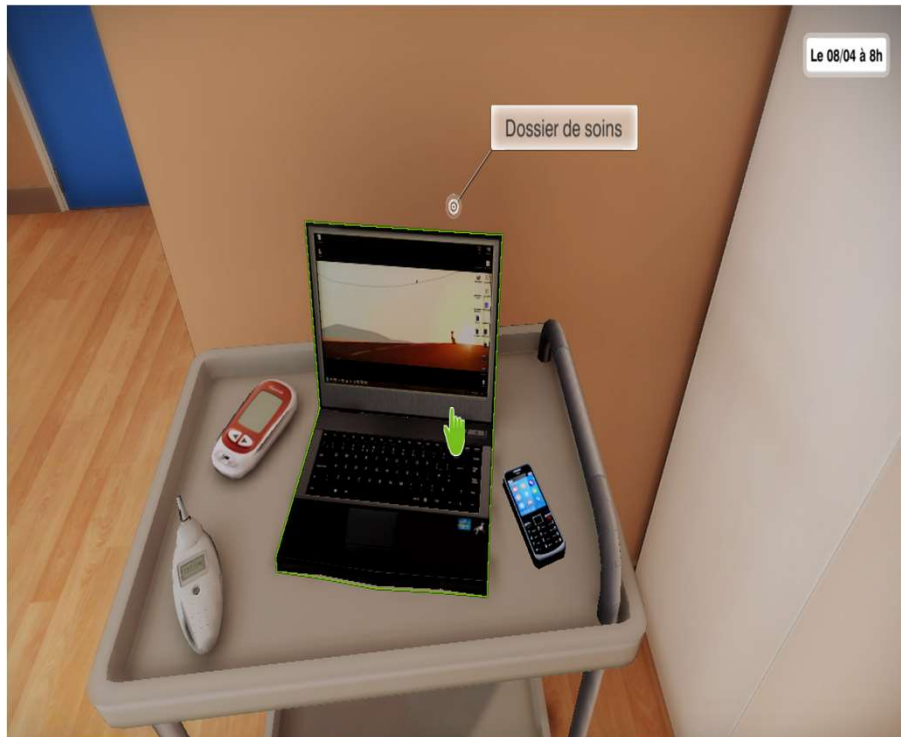
Bonjour Mme Toutet, je suis Pauline l'infirmière du service de chirurgie et je vais m'occuper de vous aujourd'hui.





Pansement





Centre Hospitalier Kremlin Bicêtre

DOSSIER DE SOINS

[SORTIR DU DOSSIER DE SOINS](#)

- FICHE ADMINISTRATIVE
- PRESCRIPTIONS MÉDICALES
- TRANSMISSIONS CIBLÉES
- FEUILLE DE SURVEILLANCE

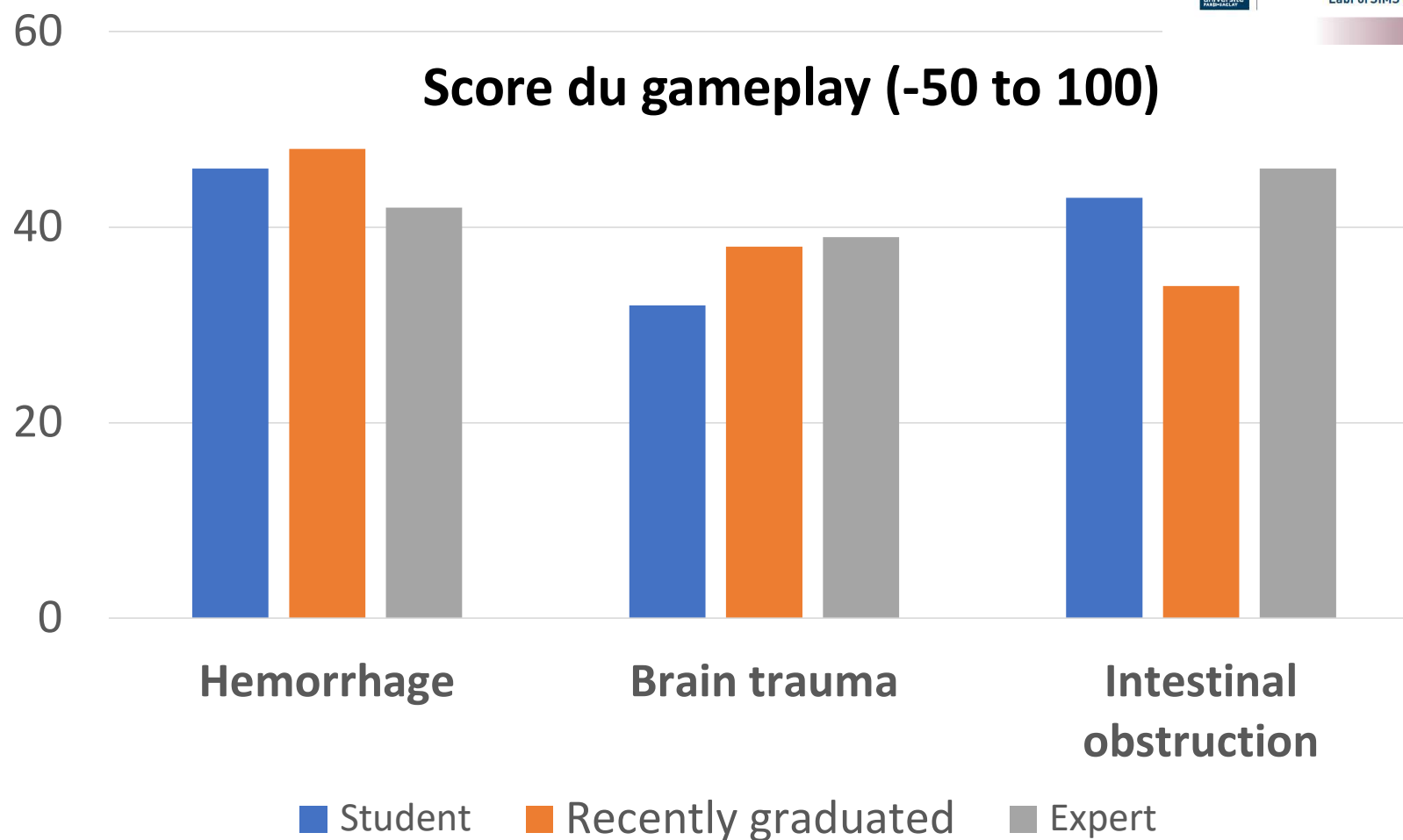
PATIENT | ENTOURAGE

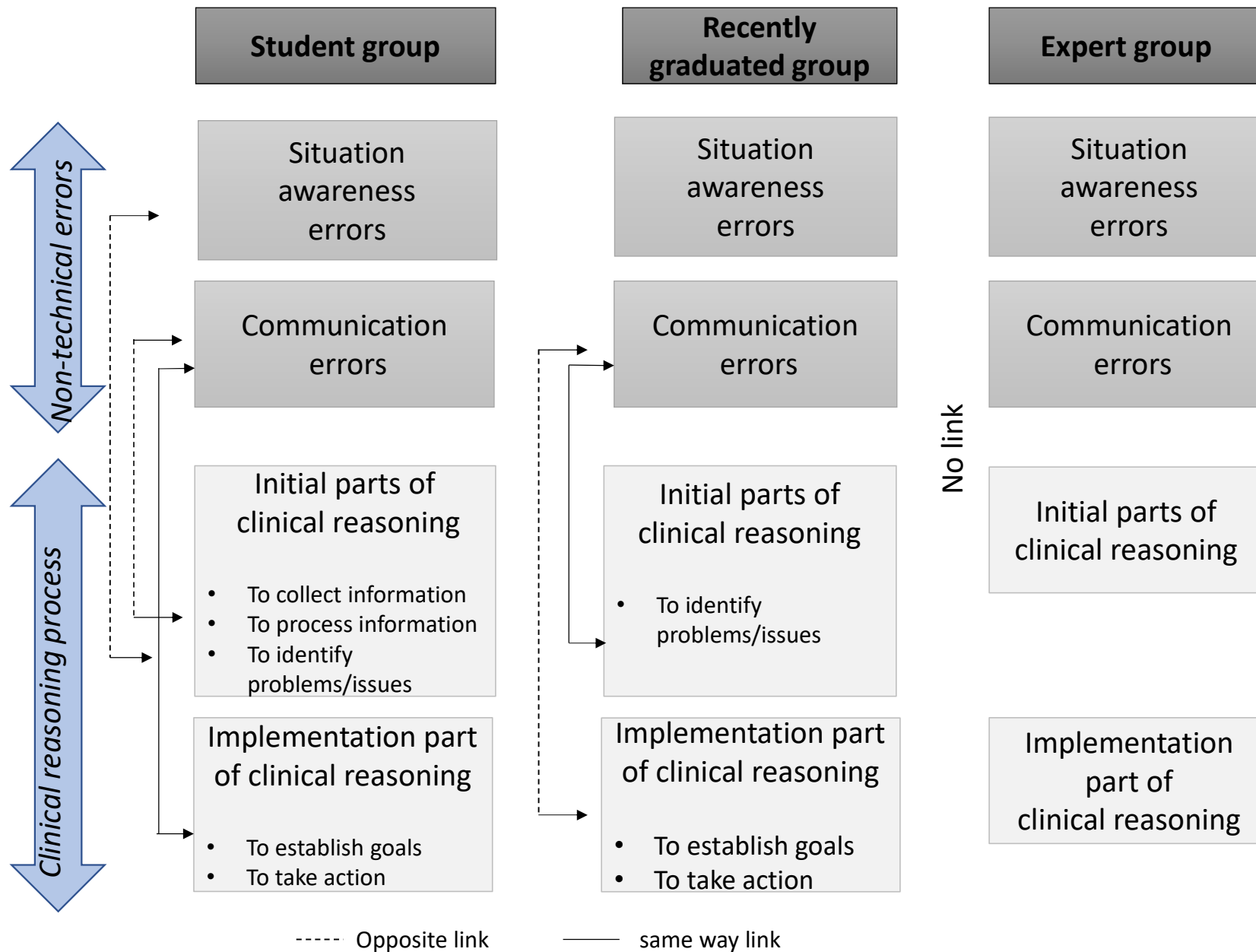
PATIENT	
NOM ET PRÉNOM :	TOUTET CATHERINE
DATE DE NAISSANCE :	2 AVRIL (65 ANS)
ADRESSE :	36 RUE DU MOULIN 91106 CORBEIL-ESSONNES
TÉLÉPHONE :	01-42-58-12-79
N°SS :	2 XX XX XX XXX I 109//69
DATE D'ADMISSION :	9 JUIN
SITUATION FAMILIALE :	MARIÉE



Assessing validity evidence for a serious game dedicated to patient clinical deterioration and communication

Blanie A et al, Advances in Simulation in press





Comparative value of a simulation by gaming and a traditional teaching method to improve clinical reasoning skills necessary to detect patient deterioration: a randomized study in nursing students

Blanie A et al. BMC Med Education 2019 submitted

Inclusion: 2nd year nursing students



Randomization



Simulation by gaming group

Traditional teaching group

- Serious game: postoperative hemorrhage after hip replacement case
- Debriefing with instructor
- Serious game: brain trauma in an elderly patient case
- Debriefing with instructor

- Written text of postoperative hemorrhage after hip replacement case
- Written text of brain trauma in an elderly patient case
- Lesson using a PowerPoint slide kit by an instructor

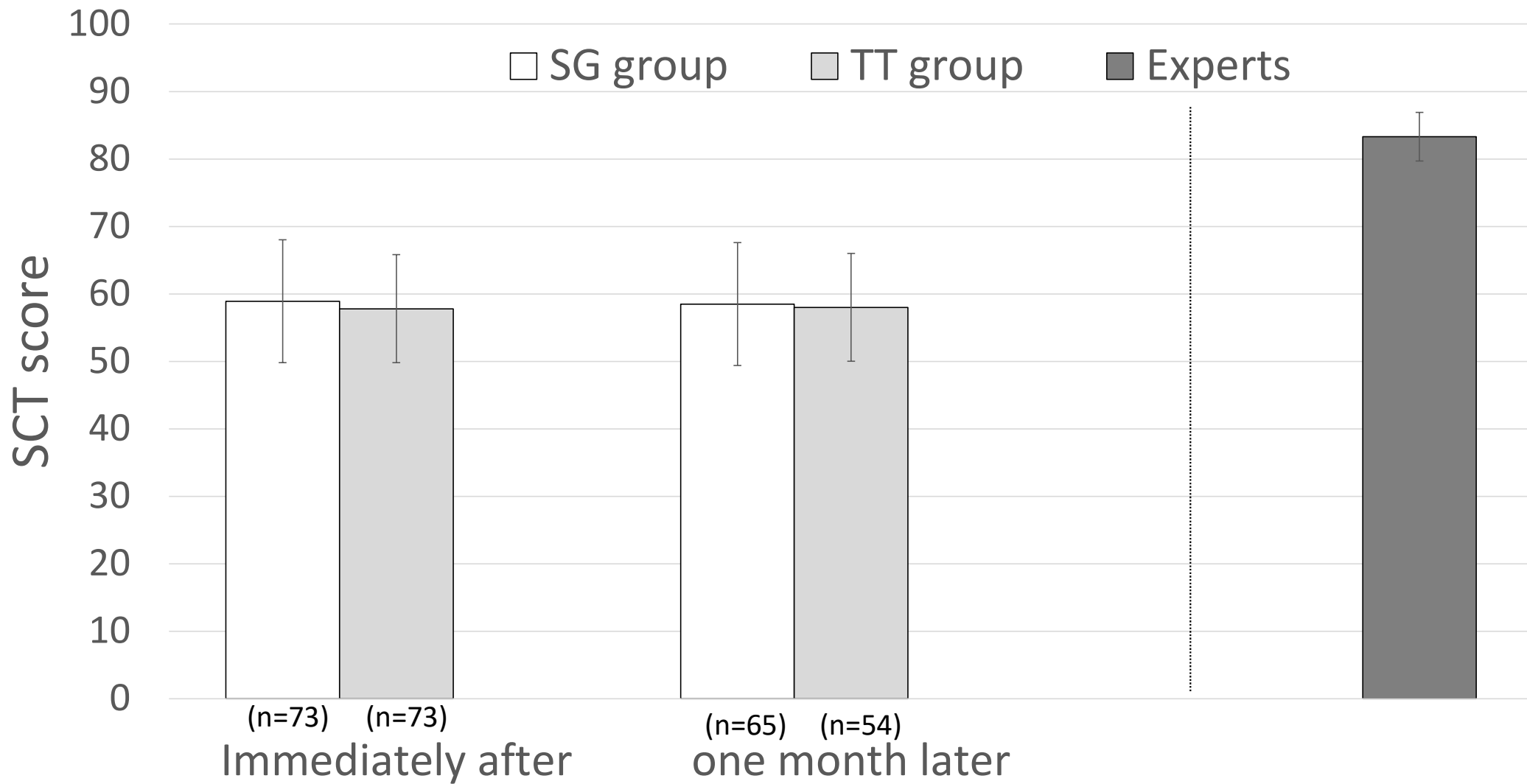
Immediately after the session

- Script concordance tests
- Self-assessment of the clinical reasoning learning process
- Satisfaction, motivation and effectiveness of the instructional design



Retention 1 month after session training

- Script concordance tests

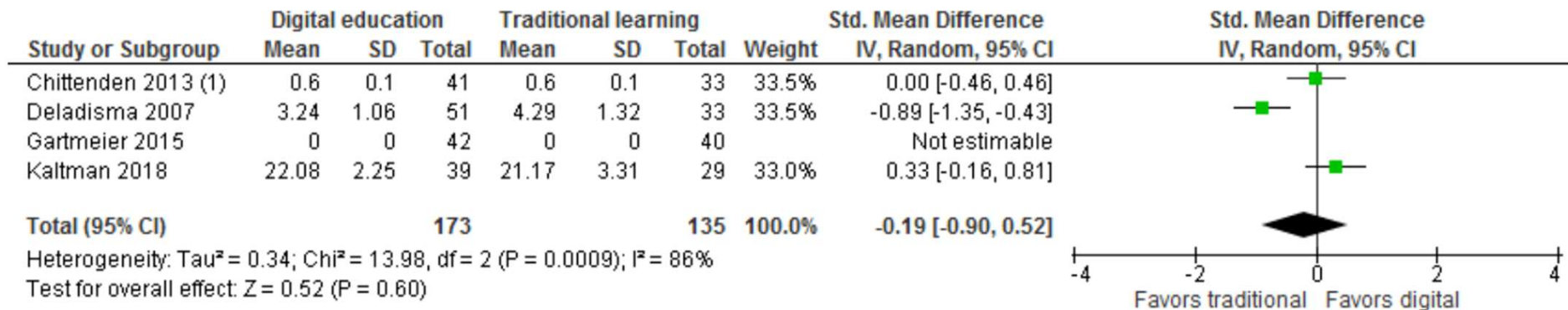


	SG group (n=73)	TT group (n=73)	p
Are you globally satisfied with this training course ? 1 (not satisfied) to 10 (very satisfied)	8.5 ± 1.6	7.6 ± 1.7	0.001*
Are you globally satisfied with the educational tool used for case-based learning ? 1 (not satisfied) to 10 (very satisfied)	8.5 ± 1.4	8.0 ± 1.6	0.04
Do you think that this training course motivates you to learn? 1 (absolutely not) to 10 (agree absolutely)	8.7 ± 1.9	7.7 ± 2.0	0.003*
Do you think that this training will have an impact on your future professional work? 1 (absolutely not) to 10 (agree absolutely)	8.3 ± 1.8	7.7 ± 1.7	0.06
Would you recommend this training to students or colleagues? 1 (absolutely not) to 10 (agree absolutely)	8.8 ± 1.7	7.8 ± 2.0	0.002*

Effectiveness of Digital Education on Communication Skills Among Medical Students: Systematic Review

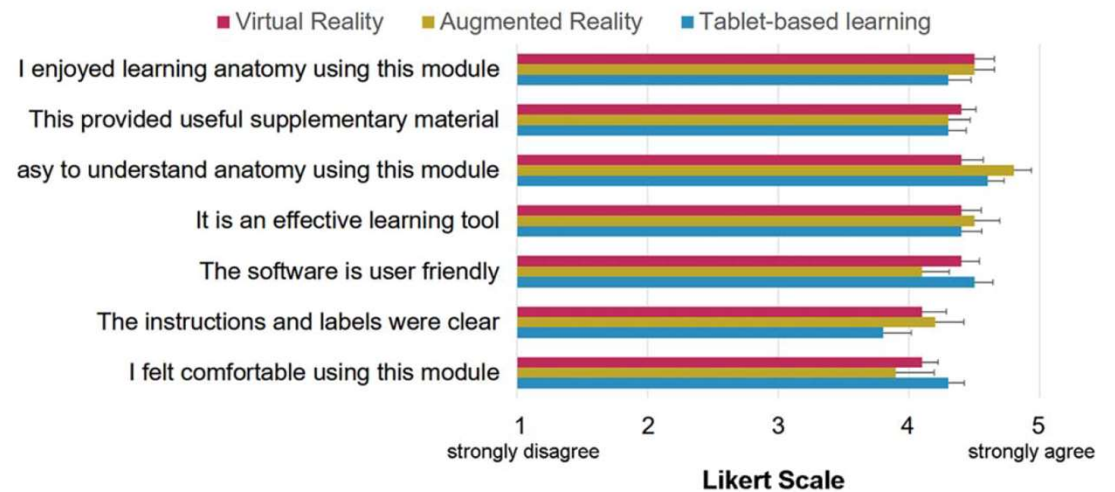
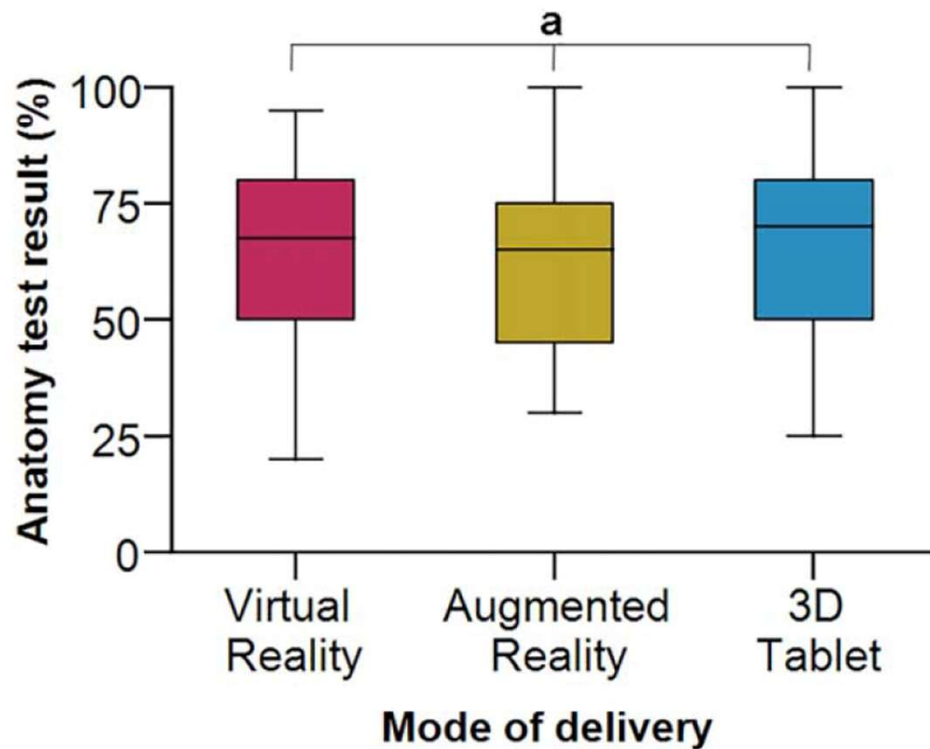
Kyaw BM et al, J Med Internet Res 2019;21(8):e12967

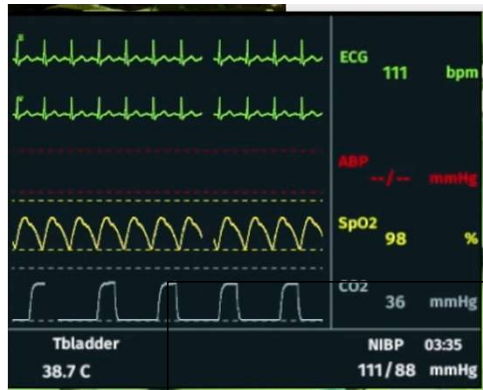
- 12 études, 1201 étudiants en médecine
- Modules de e-learning, simulation avec patients virtuels, feed-back vidéo-assisté versus standard curriculum (cours, jeux de rôle)



The Effectiveness of Virtual and Augmented Reality in Health Sciences and Medical Anatomy

Moro C et al, Anat Sci Educ 2017





SIMSTAT[®] (CAE)

American Society of Anesthesiologists recertification



This kid looks really sick...



La recherche à LabForSIMS

Recherche et simulation

**Axe
technologique**



LabForSIMS 2
 Projet IDEFI-N - 930.000 €



Réalité mixte
Analyse conversationnelle



Jeu sérieux immersif en chirurgie

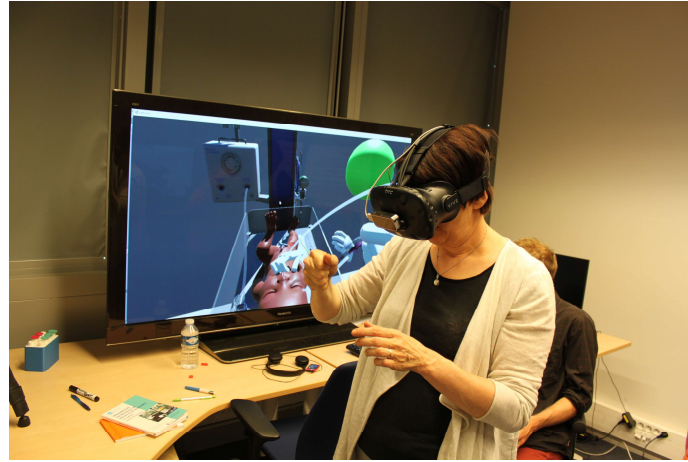
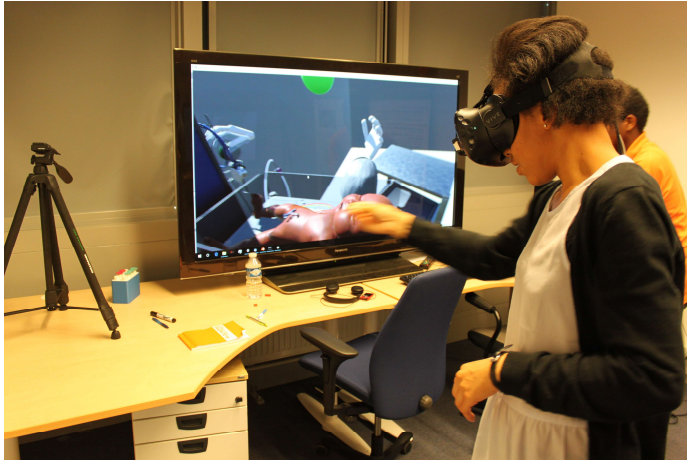


Casque de réalité virtuelle avec micro pour un environnement immersif et collaboratif

Simulation haute fidélité et réanimation néonatale



lunettes de réalité augmentée avec micro





RÉALITÉ MIXTE POUR LA FORMATION EN RÉANIMATION NÉONATALE

- Les systèmes de formation des médecins s'appuient surtout sur la réalité virtuelle (RV).
- Ces systèmes ont au moins un défaut majeur : le côté non tangible de l'expérience RV gêne souvent les apprenants.
- Une nouvelle approche s'appuie sur la réalité mixte: elle consiste à afficher l'environnement réel dans un casque RV permettant des interactions tangibles pour l'utilisateur.

Réalité Mixte			
Réalité	Réalité augmentée	Virtualité augmentée	Virtual
Environnement réel	Ajout d'éléments virtuel sur un environnement réel	Ajout d'éléments réels sur un environnement virtuel	Environnement intégralement virtuel



list



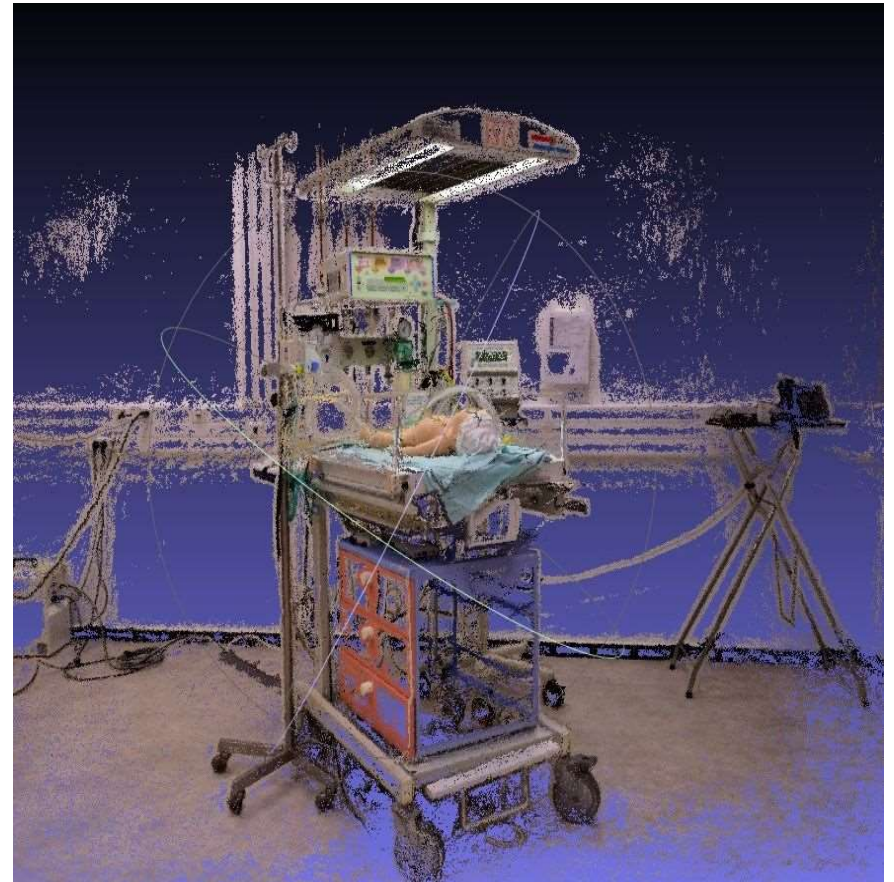
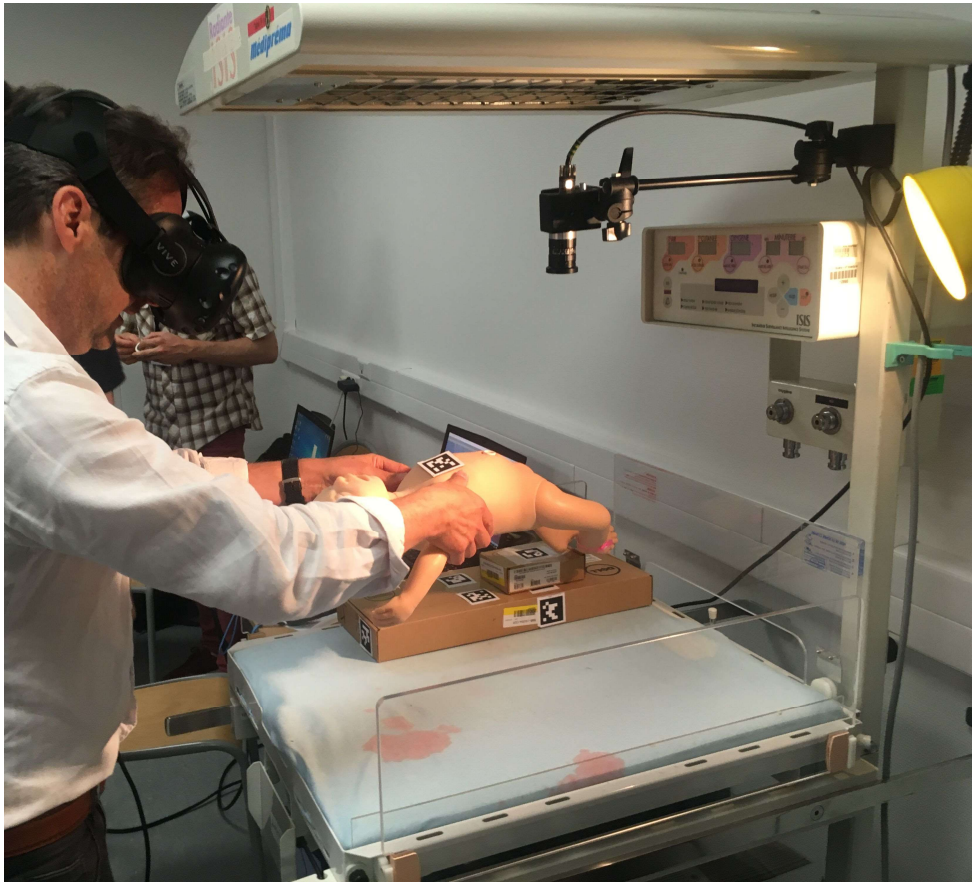
↑
**Nouvelle
approche**



↑
**Approche
précédente**

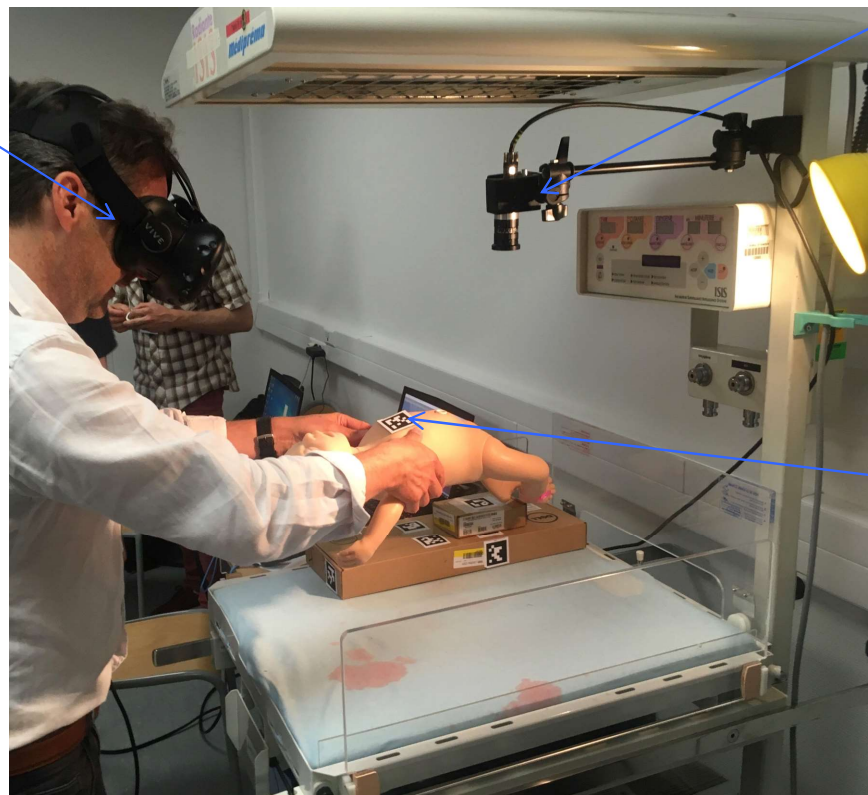


Reconstruction 3D de l'environnement affichée dans le casque



DÉMONSTRATEUR RÉALITÉ MIXTE PROPOSÉ

Un casque
Vive HTC ou
oculus

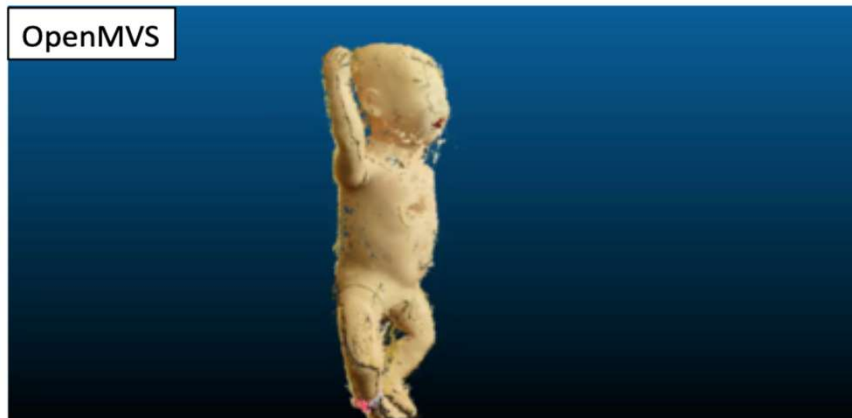
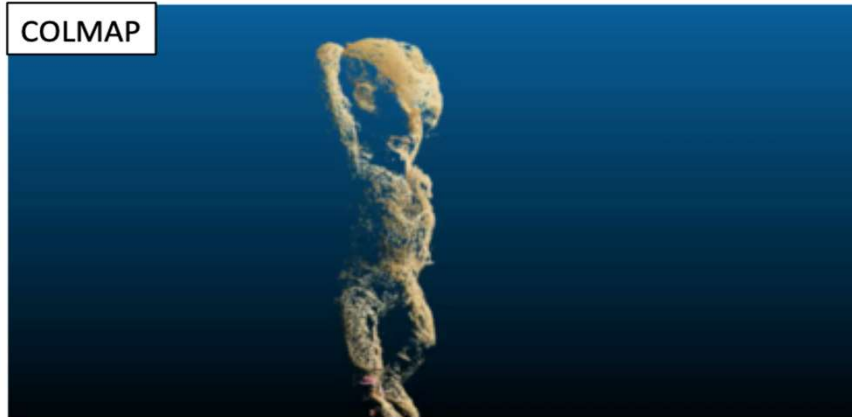


Une caméra

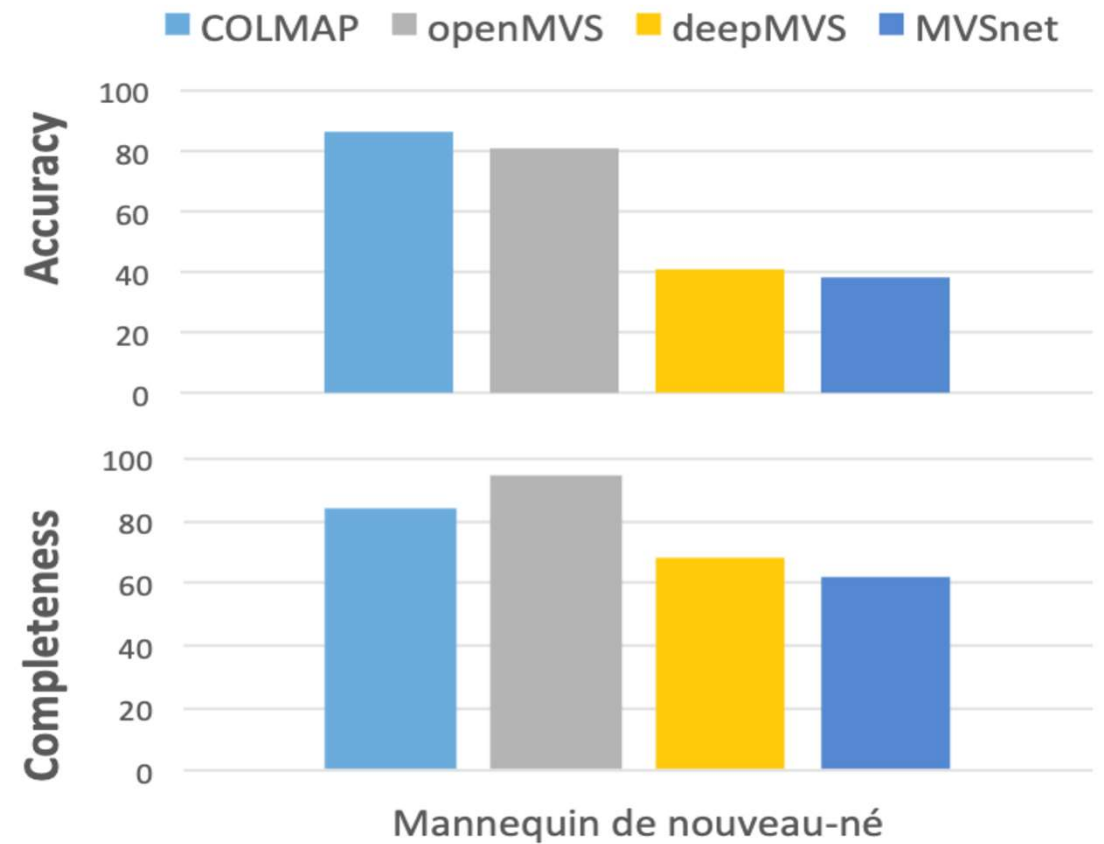
Objets manipulés
équipés d'un
marqueur ou d'un
Tracker Vive



Reconstruction 3D de mannequin de nouveau-né



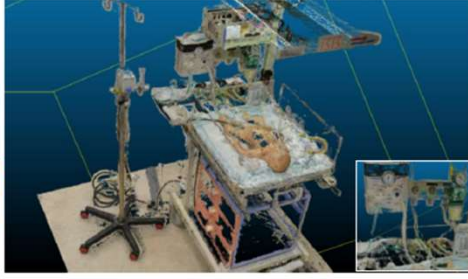
Comparaison des méthodes de reconstruction 3D (pourcentage de points précis et de couverture)



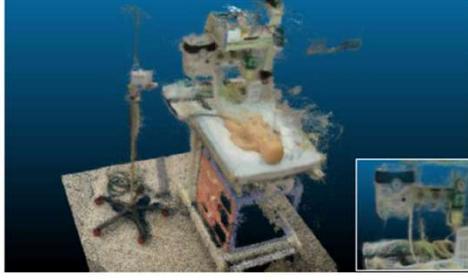
colmap



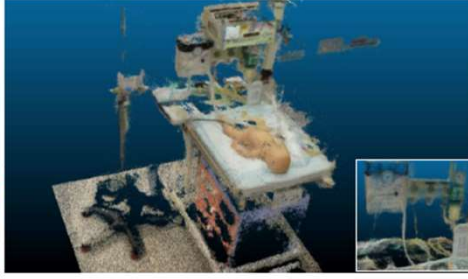
openmvs



deepmvs



r-mvsnet



DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

www.cea.fr

INSTRUMENTATION DU MANNEQUIN ET VISUALISATION DES MAINS UTILISATEURS

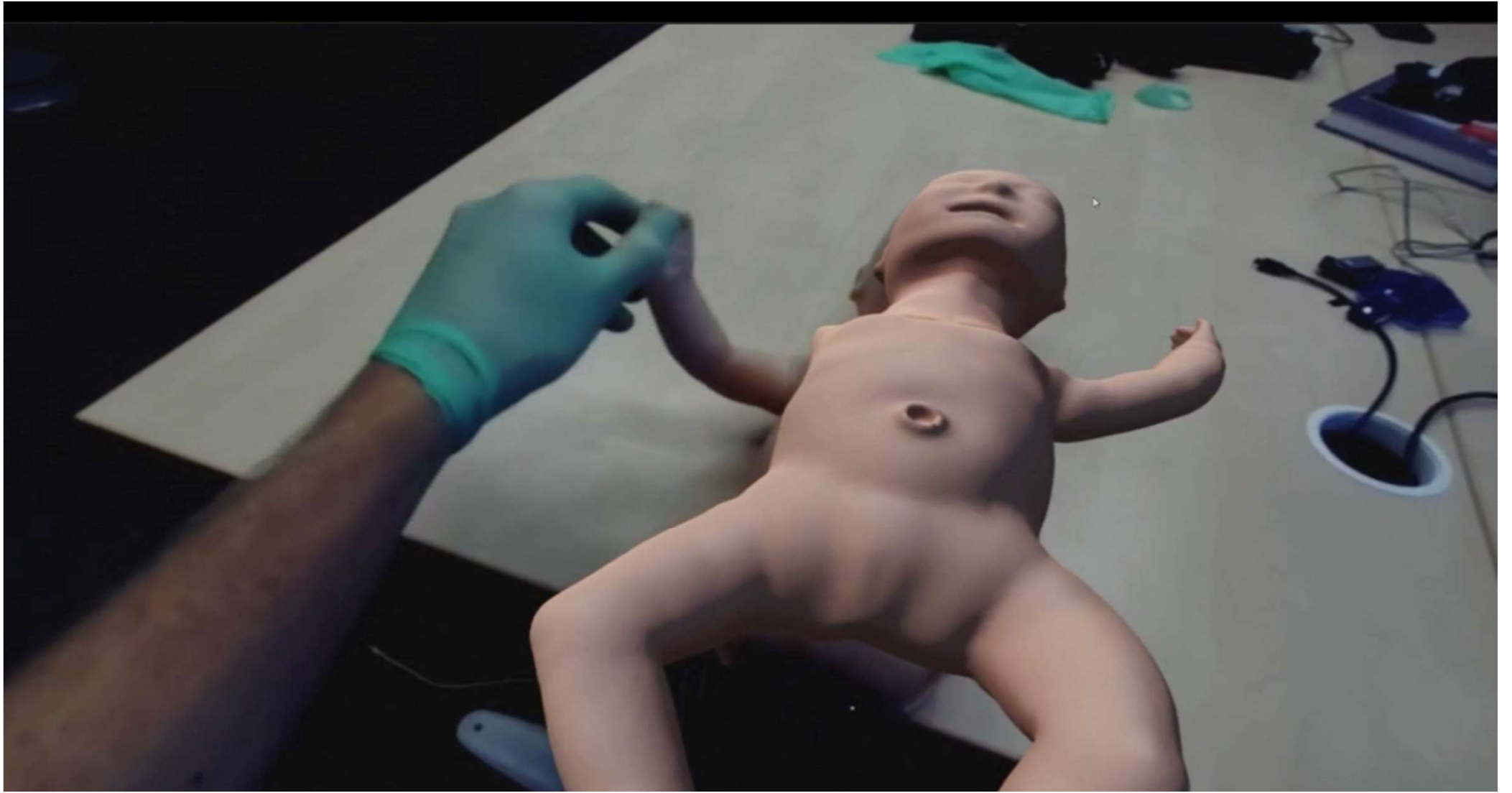


LabForSIMS2 | Adrien Girard

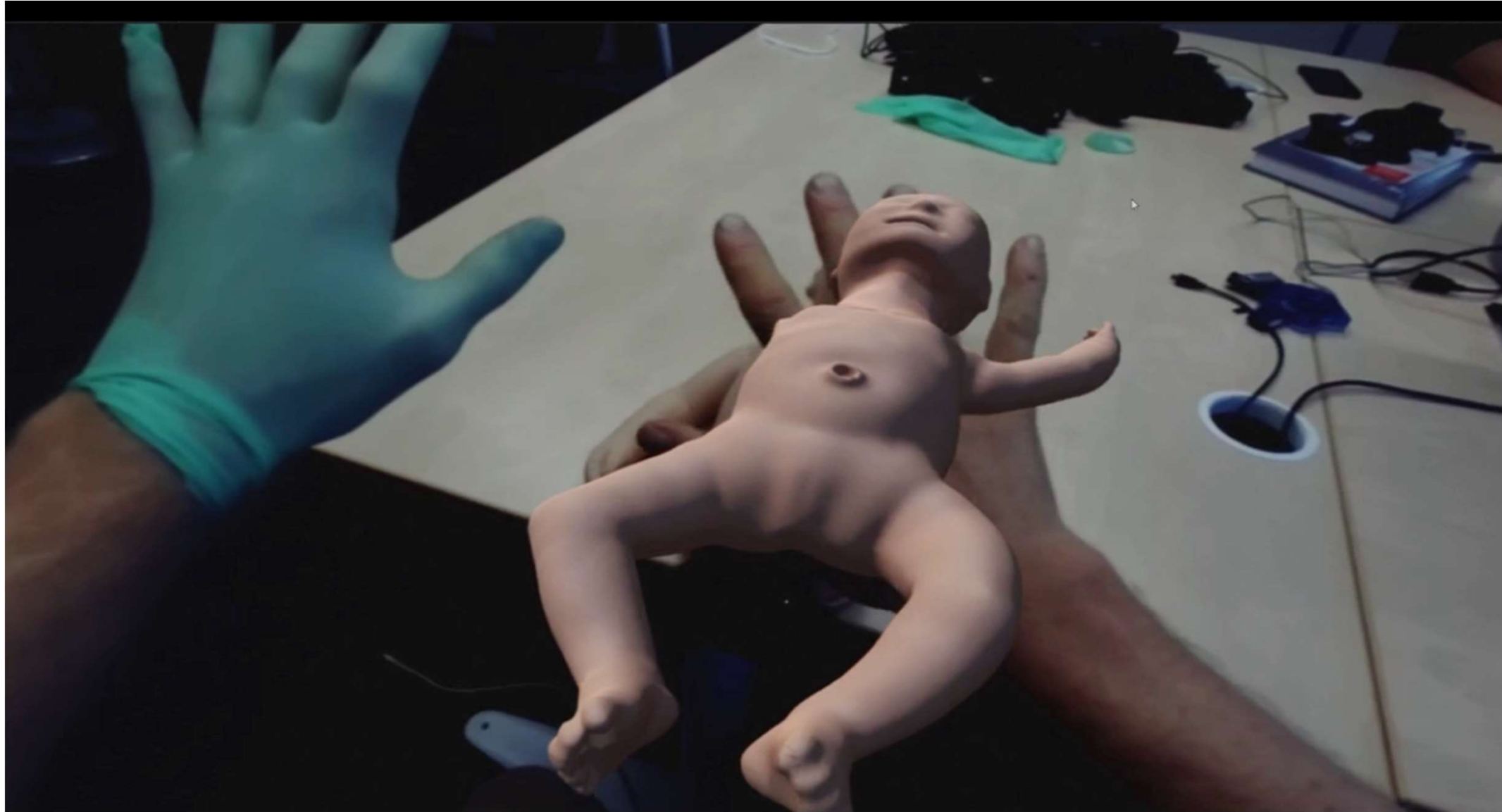
01 OCTOBRE
2019

list













Gestion de dialogue et discours

Compréhension automatique du texte

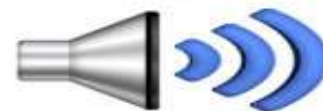
Reconnaissance de la parole



Gestion de la réponse

Génération de texte en langage naturel

Synthèse de la parole



Comparaison des taux de réponses cohérentes, incohérentes et de questions non comprises entre les 2 systèmes (CEA LIST Laboratoire d'Analyse Sémantique Texte et Image)

Questions	Système à base de règles de dialogue			Système enrichi *		
	Réponses cohérentes	Réponses incohérentes	Questions incomprises	Réponses cohérentes	Réponses incohérentes	Questions incomprises
Issues des étudiants	88%	2%	10%	95%	5%	0%
Issues de Chicago Med	71%	1%	28%	90%	5%	5%

Système enrichi avec des algorithmes de deep learning (combinaison de classifieurs neuronaux et calculateur de distances sémantiques)



MAL DES SIMULATEURS LORS D'UNE APPLICATION MÉDICALE DE LA RÉALITÉ VIRTUELLE



Blanié (1,2), C. Romero (2), A. Girard (3), C. Boithias (4), G. Jourdain (5), A. Mohamed-Soilihi (1), D. Benhamou

- fréquence et l'intensité du mal des simulateurs en RV dans le cadre de la création d'un jeu virtuel de formation à la réanimation néonatale
- 22 sujets volontaires, chaque joueur était équipé d'un casque HTC Vive[®]
- scénario standardisé qui durait 20-30 minutes
- questionnaires standardisés (SSQ [0-813], VRSQ [0-30]) mesuraient la survenue du mal des simulateurs
- 81% des sujets exposés ont ressenti un ou des symptômes
- Intensité des symptômes: aucun symptôme: n= 4; modérée ou mineure (n= 17) ; sévère (n= 1)
- Les femmes ont ressenti un malaise plus intense que les hommes ($p < 0,05$).
- L'antécédent de mal des transports était associé à un score plus élevé ($p < 0,05$).



Assessment of a Mobile Game (“MobileKids Monster Manor”) to Promote Physical Activity Among Children

Garde A et al, Games for Health Journal, 20165

Groupe Contrôle n =29	Groupe avec Exergame n = 25
Semaine 1	
Activité habituelle monitorée de façon masquée avec un traqueur d'activité	
Semaine 2	
Traqueur d'activité et feed back donnant à l'enfant la possibilité de suivre son activité	Jeu pour promouvoir l'activité “MobileKids Monster Manor” et traqueur d'activité disponible

MobileKids Monster Manor''



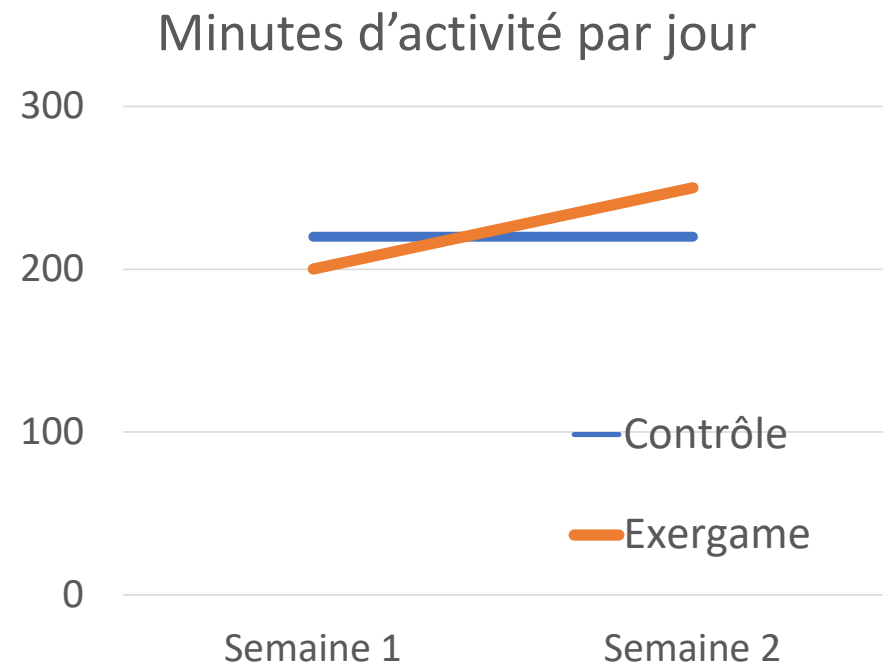
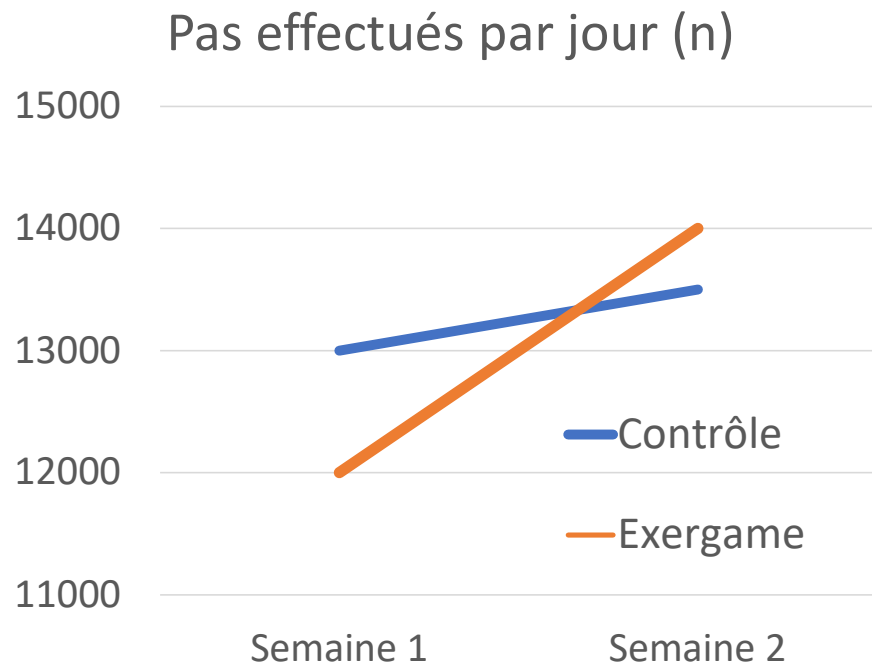
Chargement du jeu



Débuter un challenge

Assessment of a Mobile Game (“MobileKids Monster Manor”) to Promote Physical Activity Among Children

Garde A et al, Games for Health Journal, 20165

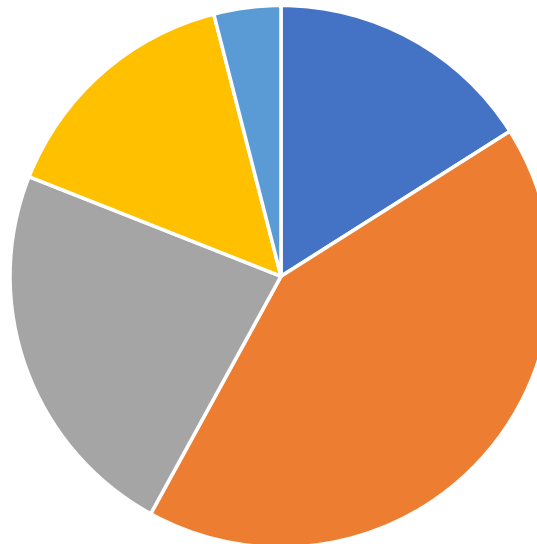


Assessment of a Mobile Game (“MobileKids Monster Manor”) to Promote Physical Activity Among Children

Garde A et al, Games for Health Journal, 20165

Avez-vous apprécié le jeu?

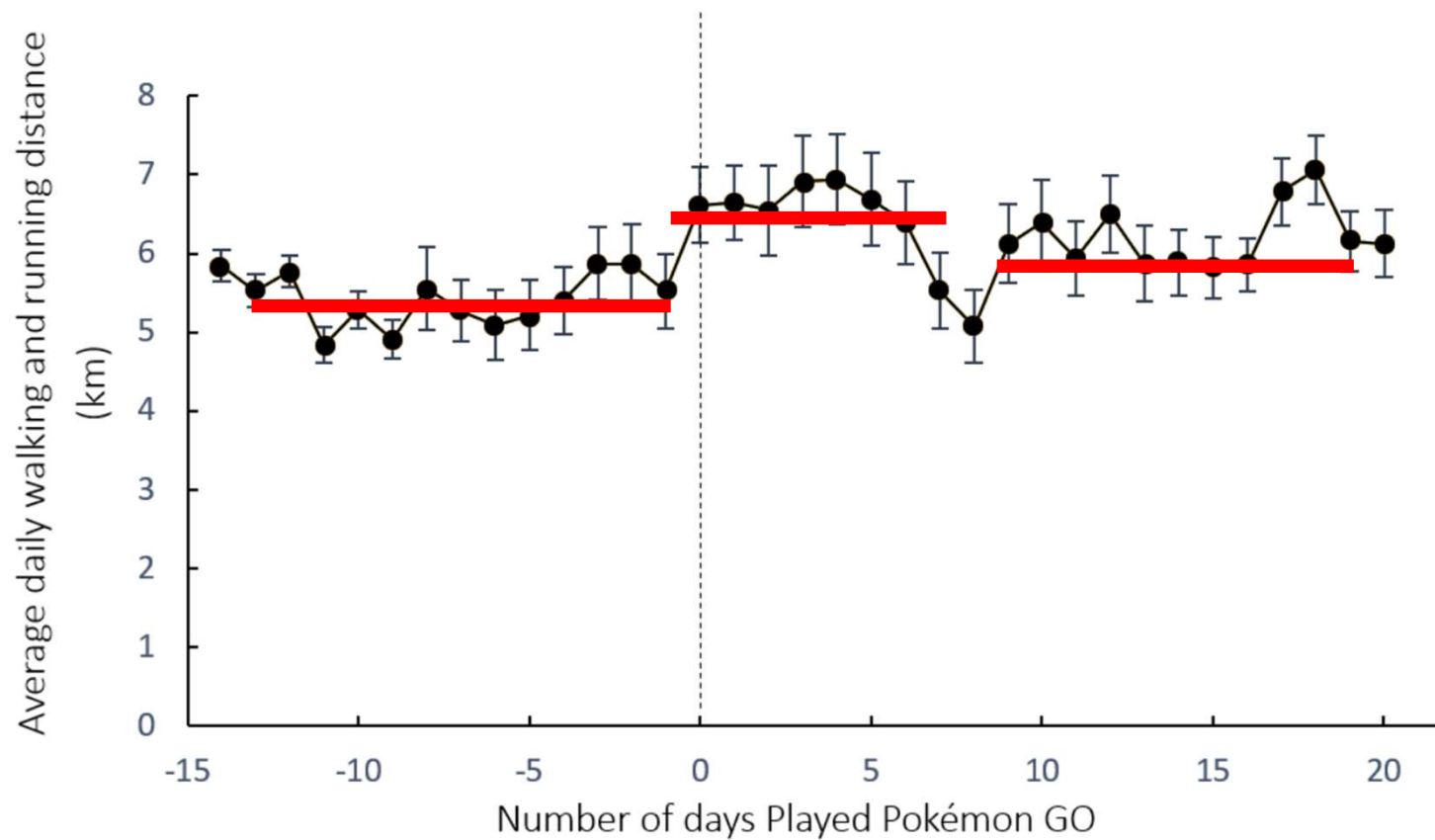
81 % des enfants
ont apprécié le jeu



- Super!
- Vraiment très bien
- Bien
- Pas terrible
- Nul

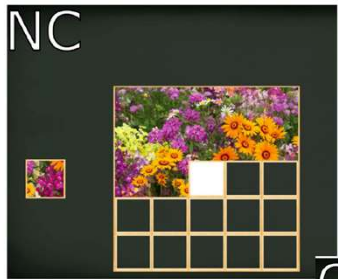
Pokémon GO and Physical Activity in Asia: Multilevel Study

Da BD et al, J Med Internet Res 2018;20:e217:1-12

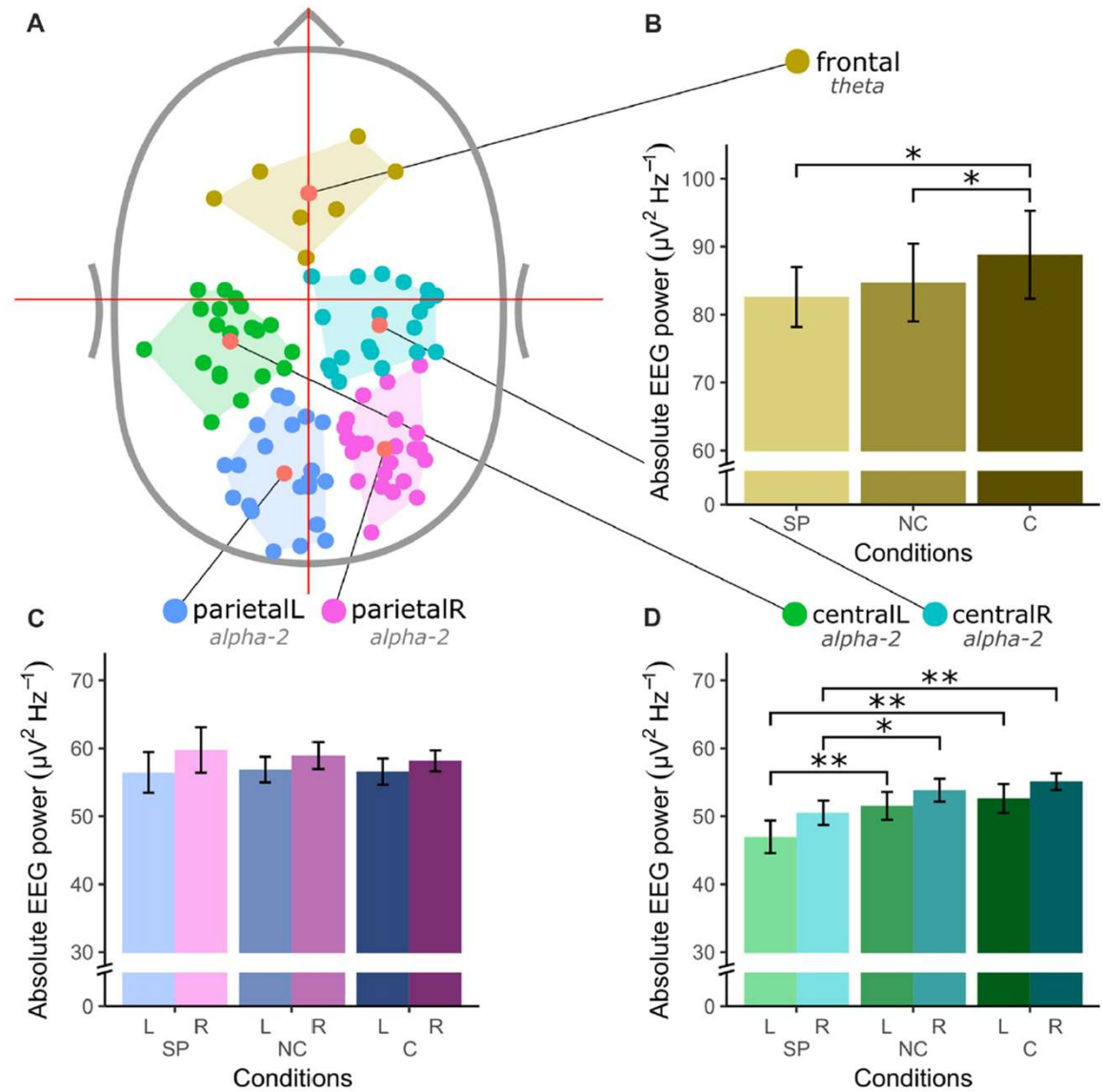
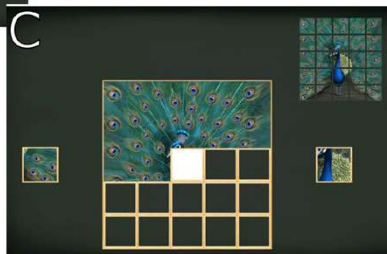


Exergames Inherently Contain Cognitive Elements as Indicated by Cortical Processing

Anders P et al,
Frontiers in
Behavioral
Neuroscience
2018;12:102



SP: repos
NC: exergame sans choix
C: exergame avec choix



Conclusion (temporaire!)

- Réalité virtuelle ressentie comme une méthode pour améliorer l'apprentissage en santé
- A toutes les étapes et pour tous les métiers
- Terminologie...évolution des technologies et intrication au sein des méthodes d'apprentissage
- Résultats: apprentissage similaire mais motivation à apprendre plus forte
- Combinaison avec les outils traditionnels d'apprentissage et autres outils de pédagogie innovante
- Coûts élevés de création
- Avantages économiques secondaires? (« industrialisation », débriefing nécessaire?)