DOI : https://doi.org/10.26034/cm.iptic.2026.11768

EYE LEARN : MÉTHODOLOGIE D'UTILISATION DE LUNETTES D'OCULOMÉTRIE EN SIMULATION ET CRÉATION D'UNE PLATEFORME DÉDIÉE POUR DÉVELOPPER LES COMPÉTENCES EN RAISONNEMENT CLINIQUE INFIRMIER

Jean-Michel Vasse (jean-michel.vasse@hefr.ch)
Haute école de santé Fribourg, HES-SO, Fribourg

Alain Verdon (alain.verdon@hefr.ch)
Haute école de santé Fribourg, HES-SO, Fribourg

Catherine Senn-Dubey (catherine.senn-dubey@hefr.ch)
Haute école de santé Fribourg, HES-SO, Fribourg

Elena Mugellini (elena.mugellini@hefr.ch)
Haute école d'ingénierie et d'architecture, HES-SO, Fribourg

Leonardo Angelini (leonardo.angelini@hefr.ch)
Haute école d'ingénierie et d'architecture, HES-SO, Fribourg

Joé Donzallaz (jdo@mail.ch)
Haute école d'ingénierie et d'architecture, HES-SO, Fribourg

Quentin Meteier (qmeteier@gmail.com)
Haute école d'ingénierie et d'architecture, HES-SO, Fribourg

Résumé

La simulation est un outil pédagogique reconnu dans les formations en santé. À la Haute école de santé Fribourg, son utilisation est approfondie dans le Bachelor en soins infirmiers. Pour renforcer l'apprentissage du raisonnement clinique, nous avons développé un dispositif innovant combinant lunettes d'oculométrie et plateforme numérique. EYE LEARN permet aux étudiant·e·s d'analyser, à distance et de façon autonome, leur activité visuelle en simulation à partir de vidéos enrichies par les statistiques des zones d'intérêt visuel. Ce retour favorise une démarche métacognitive. Cet article décrit le processus de conception et d'expérimentation de ce dispositif technopédagogique.

Mots clés : simulation en soins infirmiers ; raisonnement clinique ; métacognition ; oculométrie ; technopédagogie ; EYE LEARN

1. Introduction

Proposer des approches pédagogiques et didactiques efficaces et innovantes constitue un enjeu majeur pour favoriser le développement des compétences des apprenant·e·s, tout en contribuant à l'attractivité des formations et des établissements.

Les sciences pédagogiques soulignent l'importance de l'expérience vécue comme levier d'apprentissage. Le modèle d'apprentissage expérientiel (Kolb, 1984) repose sur un cycle articulant l'expérience concrète, l'observation réflexive, la conceptualisation abstraite et l'application des acquis dans de nouvelles situations. Les sciences cognitives, quant à elles, insistent sur l'importance de la métacognition, définie comme la capacité à comprendre et réguler ses propres processus d'apprentissage, dans le développement des compétences (Flavell, 1976).

C'est dans cette perspective que s'inscrit le projet EYE LEARN, né de réflexions menées à la Haute école de santé Fribourg (Heds FR, 2023) autour de l'évolution des pratiques didactiques destinées à renforcer les compétences des étudiant·e·s en raisonnement clinique infirmier (RCI). L'intérêt pour les technologies au service de l'enseignement a conduit à explorer l'usage de lunettes d'oculométrie. Pour concrétiser ce projet et développer la plateforme numérique associée, un partenariat a été établi avec la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR) et son institut Humantech.

Le projet a été soumis au Service d'appui au développement académique et pédagogique (SADAP) de la Haute école spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO), qui soutient l'innovation pédagogique. Il a bénéficié d'un financement dans le cadre du prix d'innovation pédagogique 2021, ce qui a permis son lancement au début de l'année 2022.

Le présent article retrace les étapes de conception et de développement d'EYE LEARN et présente certains résultats préliminaires issus de son évaluation.

2. Objectif

L'objectif d'EYE LEARN est de soutenir le développement des compétences en RCI, tel que défini par le modèle ABCDE (Verdon, 2023) (voir point 6.1), en renforçant les compétences métacognitives des étudiant·e·s.

La capacité à prendre conscience de la situation, notamment à travers l'identification des signes et symptômes exprimés par les patient·e·s simulé·e·s, constitue une étape cruciale dans la formulation des problèmes cliniques et l'engagement dans un raisonnement de type hypothético-déductif. Dans cette optique, l'oculométrie (*eye tracking*) est utilisée pour approfondir cette prise de conscience, en fournissant aux étudiant·e·s, lors de l'autoanalyse post-simulation, des données objectives sur les zones corporelles et les éléments de l'environnement qu'ils et elles ont observés. La plateforme EYE LEARN structure cette analyse en guidant le questionnement et en mettant en relation les éléments cliniques ciblés avec les zones d'attention visuelle, facilitant ainsi la prise de conscience des processus cognitifs mobilisés.

Pour questionner l'intérêt de notre dispositif, l'évaluation d'EYE LEARN a porté sur les perceptions des étudiant·e·s et des enseignant·e·s concernant l'utilité du dispositif, son impact perçu sur les compétences métacognitives en RCI, ainsi que l'expérience utilisateur (UX) offerte par l'outil.

3. Publics cibles

Le public cible initial du projet est constitué des étudiant·e·s en Bachelor en Soins Infirmiers de la Heds FR. Cette formation académique professionnalisante prépare les étudiant·e·s à garantir la sécurité des patient·e·s et à dispenser des soins de qualité. Les futur·e·s professionnel·le·s doivent être en mesure de prendre des décisions cliniques en collaboration avec les patient·e·s, en intégrant leurs valeurs et préférences, les meilleures données probantes issues de la recherche, leur propre expérience ainsi que le contexte de soins.

Dès sa conception, EYE LEARN a également été envisagé comme un dispositif transférable à d'autres disciplines, en particulier celles qui s'appuient sur le raisonnement hypothético-déductif ou l'application de démarches systématiques (procédures professionnelles, algorithmes décisionnels) fondées sur l'analyse d'éléments visuels.

4. Etat de l'art

Les recherches bibliographiques, menées en 2021 en amont du projet EYE LEARN, ont montré qu'il existait peu ou pas d'études correspondant à nos objectifs dans notre contexte.

Certaines revues de littérature confirmaient la capacité de l'oculométrie à fournir des données quantitatives fiables exploitables dans le cadre de la formation médico-chirurgicale (Tien et al., 2014) ou dans le cadre du raisonnement clinique médical (Blondon et al., 2015). Une étude pilote (Browning et al., 2016) montrait l'intérêt de l'oculométrie dans la formation infirmière mais concluait à son application limitée à cause du ratio étudiant·e/enseignant·e nécessaire à son exploitation.

Cependant, une *scoping review* récente (Hu et al., 2024) fait état d'une augmentation significative des publications sur l'utilisation de l'oculométrie dans le domaine infirmier depuis 2022. Cela témoigne d'un intérêt croissant pour la thématique.

Les outils d'évaluation de la prise de conscience de la situation en simulation sont peu nombreux. La majorité d'entre eux reposent sur des auto-évaluations répétées des participant·e·s durant l'exercice, ce qui peut nuire à la fluidité et à l'authenticité de la simulation. La *Situation Awareness Global Assessment Technique* (SAGAT) (Endsley et Garland, 2000) constitue une référence en la matière, mais son caractère intrusif durant les simulations a conduit à ne pas l'adopter dans le cadre de ce projet.

5. Considérations pédagogiques et didactiques des simulations

À la Heds FR, la simulation s'inscrit dans un scénario pédagogique global visant le développement progressif des compétences professionnelles. La préparation et l'exploitation des simulations sont rigoureusement organisées.

5.1. Scénario de développement des compétences professionnelles

Le parcours de formation repose sur quatre modalités complémentaires. Les cours magistraux posent les fondements théoriques indispensables à la prise en soins des patient·e·s. Les travaux de groupe permettent de mobiliser ces connaissances à travers l'analyse de situations cliniques écrites, en entraînant l'application de la systématique du RCI. Les simulations offrent ensuite un cadre sécurisé pour expérimenter et transposer, de manière concrète, ces compétences. Enfin, les périodes de formation pratique en milieu réel permettent de consolider ces acquis sous la supervision de praticien·ne·s formé·e·s à l'accompagnement du RCI.

5.2. Préparation des simulations

Dans le cadre d'EYE LEARN, les simulations mobilisent des patient·e·s simulé·e·s interprété·e·s par des acteur·trice·s formé·e·s. Ces dernier·ère·s reçoivent d'abord un scénario détaillé incluant l'histoire de vie, le contexte médical et les signes cliniques à simuler. Ensuite, une séance de coordination entre l'enseignant·e et le·la patient·e simulé·e permet de valider la compréhension du rôle et de préciser les éléments cliniques supplémentaires qui seront transmis en temps réel depuis la régie durant la simulation.

5.3. Déroulement et exploitation des simulations

En moyenne, deux à trois simulations formatives sont proposées chaque mois aux étudiant·e·s, en groupes de six à neuf participant·e·s. Chaque session débute par une présentation du dossier patient, des objectifs pédagogiques et des consignes de prise en charge. Deux étudiant·e·s sont directement impliqué·e·s dans la simulation : l'un·e assume le rôle principal, tandis que l'autre agit comme souffleur·euse. Les autres membres du groupe observent activement la scène depuis une salle adjacente, via un système de vidéotransmission.

Les observateur·trice·s prennent des notes sur les dimensions techniques (RCI, systématique d'analyse, interventions) et non techniques (communication, collaboration). Ces observations servent de base à un débriefing structuré et participatif, mené à l'issue de la simulation.

Actuellement, EYE LEARN est utilisé dans trois unités d'enseignement, centrées sur les soins réalisés en spécialités de médecine, de chirurgie et d'urgences, soit six scénarios différents, répétés entre 16 et 24 fois chacun. Le raisonnement clinique étant transversal à toutes les situations de soins, le dispositif pourrait facilement être étendu à d'autres spécialités.

6. Cadres de référence

Le développement des compétences en RCI constitue l'objectif principal d'EYE LEARN. La métacognition est utilisée comme levier de cet apprentissage. La prise de conscience de la situation, étape initiale du RCI, est (auto)analysée lors du travail effectué grâce à l'exploitation des données oculométriques.

6.1. Raisonnement clinique infirmier

Le RCI est une compétence clé dans la formation des futur·e·s infirmier·ère·s. Il permet de prendre des décisions éclairées, en garantissant des soins adaptés et sécuritaires, particulièrement dans des environnements de soins de plus en plus complexes, qu'ils soient aigus (services de médecine, chirurgie, urgences) ou chroniques (soins à domicile, lieux de vie institutionalisés). Face à ces situations variées, les professionnel·le·s doivent être en mesure d'analyser chaque situation de manière rigoureuse et structurée.

Le RCI repose sur un raisonnement itératif de type hypothético-déductif (Psiuk, 2019). Il implique le recueil, l'organisation et l'interprétation logique des données cliniques et paracliniques, afin de formuler des hypothèses et de planifier des interventions infirmières adaptées.

Pour soutenir cette structuration de la pensée, le modèle ABCDE (Verdon, 2023) est utilisé comme outil de référence. Inspirée de protocoles d'urgence (American Heart Association, 2020), cette méthode est spécifiquement adaptée au contexte du RCI. Elle propose une organisation de l'analyse selon la priorité vitale des systèmes : A (*Airways* – voies aériennes), B (*Breathing* – système respiratoire), C (*Circulation* – système cardiovasculaire), D (*Disability* – système neurologique) et E (*Exposure* – autres atteintes corporelles). Cette logique suit globalement le trajet de l'oxygène dans l'organisme, facilitant ainsi une approche clinique systématique.

6.2. Métacognition

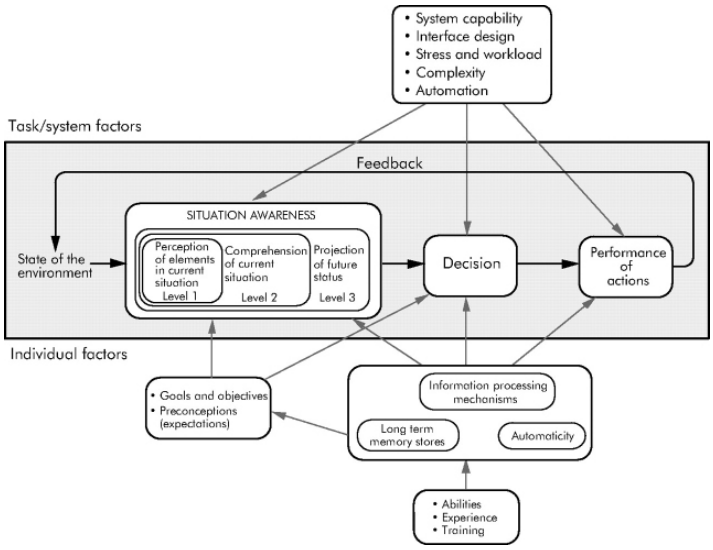
La métacognition est un concept ancien mais formellement défini par les sciences cognitives comme faisant référence « à la connaissance que l'on a de ses propres processus et produits cognitifs ou de tout ce qui s'y rapproche » (Flavell, 1976).

Depuis, d'autres disciplines se sont approprié le concept et ont adapté la définition et leurs modèles en fonction de leurs usages. Parmi les conceptions proposées par les sciences pédagogiques, nous avons retenu celle qui définit la métacognition comme des « jugements, analyses et/ou régulations observables effectués par l'apprenant sur ses propres performances (processus ou produits d'apprentissages), ceci dans des situations « pré », « per », et « post » performance » (Leclercq et al., 2004). Ce modèle présente l'avantage de clarifier trois dimensions : la nature de l'opération (jugement, analyse, régulation), la temporalité de l'action, et l'objet sur lequel elle porte (qualité de l'activité et du processus d'apprentissage). Ces éléments ont guidé la conception du parcours proposé dans EYE LEARN.

6.3. Prise de conscience de la situation

La prise de conscience de la situation (*situation awareness*) constitue une étape fondamentale dans la gestion de situations complexes. Parmi les modèles existants, celui proposé par Endsley (1995) (figure 1) fait référence.

Figure 1 : Situation awareness selon Endsley (1995)



Il a été transposé au contexte des soins par Mitchell et al. (2013) et se compose de trois niveaux : la perception des éléments de la situation, leur compréhension, puis l'anticipation de leur évolution.

Dans le cadre d'une simulation clinique, lorsque les données doivent être collectées par observation visuelle, le regard devient un indicateur essentiel de la perception initiale. Il conditionne la qualité du jugement clinique et, par conséquent, la pertinence des décisions qui en découlent.

6.4. Oculométrie

L'oculométrie est une technique permettant de suivre les mouvements oculaires d'un individu observant une scène ou un objet. Si elle nécessitait initialement des dispositifs lourds et fixes, les progrès technologiques ont permis la miniaturisation du matériel. Aujourd'hui, des lunettes légères intègrent à la fois des caméras filmant la scène observée et des systèmes superposant en temps réel le point de regard sur l'image. Les données peuvent être enregistrées localement sur smartphone ou transmises en direct à un ordinateur.

Utilisée à l'origine en neurosciences, en psychologie ou encore en marketing, l'oculométrie présente aujourd'hui un potentiel pédagogique avéré, notamment grâce à la réduction de son coût et à la discrétion accrue des dispositifs.

Les sciences cognitives distinguent trois types de mouvements oculaires : les saccades, qui sont des mouvements rapides entre deux points de fixation ; les fixations, durant lesquelles le regard se stabilise sur un objet ; et les suivis fluides (*smooth pursuit*), correspondant à un suivi continu d'un objet en mouvement (Rayner, 1998).

Les fixations sont particulièrement intéressantes dans une perspective pédagogique, car elles sont considérées comme les moments où l'information visuelle peut être intégrée cognitivement (Negi et Mitra, 2020). Un seuil de 300 millisecondes est souvent retenu pour définir une fixation significative (Bylinskii et al., 2017), et c'est ce critère qui a été adopté pour EYE LEARN.

Le matériel utilisé dans le cadre du projet comprend quatre paires de lunettes de la marque *Pupil Labs* (Pupil Labs, 2024) : deux modèles *Invisible*, utilisés au lancement du projet, puis deux modèles *Neon*. Ces dispositifs répondaient aux exigences fonctionnelles tout en garantissant un coût maîtrisé. Leur environnement logiciel ouvert a permis le développement d'une plateforme sur mesure, garantissant la confidentialité des données via un hébergement sécurisé sur nos serveurs et la création d'algorithmes d'analyse vidéo spécifiques. Deux jeux de verres correcteurs, compatibles avec les modèles *Invisible*, ont également été acquis, permettant une correction optique allant de – 3.0 à + 3.0 dioptries.

Compte tenu de la dimension potentiellement intime et intrusive des données générées par l'oculométrie, en particulier celles concernant le regard et les objets observés, les auteur·trice·s du projet ont estimé, sur le plan éthique, qu'il était préférable de restreindre l'accès à ces vidéos. Ainsi, les enregistrements issus des lunettes d'oculométrie ne sont consultables que par l'étudiant·e ayant porté le dispositif et par l'enseignant·e ayant encadré la simulation.

Par conséquent, contrairement aux vidéos filmées par les caméras externes, qui sont diffusées aux autres étudiant·e·s observateur·trice·s pendant l'exercice, les vidéos issues de l'oculométrie ne sont pas partagées avec le reste du groupe.

7. Descriptif du processus EYE LEARN

Dès le lancement du projet, l'oculométrie a été envisagée comme un outil au service de l'apprentissage, et non comme une finalité. Pendant les neuf premiers mois, l'équipe a conçu le dispositif EYE LEARN en veillant à son intégration harmonieuse dans les simulations existantes et à sa simplicité d'usage pour les enseignant·e·s. En cas de dysfonctionnement technique, la simulation devait pouvoir se dérouler sans altération majeure de l'exercice.

En phase d'exploitation, EYE LEARN vise à offrir aux étudiant·e·s une réanalyse autonome et approfondie de leur simulation, enrichie de données objectives (notamment oculométriques), pour soutenir le développement de compétences via un travail métacognitif guidé.

Le processus général se décline en cinq étapes principales. Un prébriefing et un briefing précèdent la réalisation de la simulation et ses annotations. Ces étapes sont suivies d'un débriefing classique puis de l'exploitation qui constitue l'étape la plus longue d'EYE LEARN.

7.1. Prébriefing

Comme pour les simulations classiques, les étudiant·e·s reçoivent, quelques jours avant, des informations sur le contexte et les objectifs de l'exercice. Dans le cadre d'EYE LEARN, une présentation complémentaire est intégrée, expliquant le fonctionnement du dispositif et introduisant les notions de prise de conscience de la situation, d'oculométrie et de métacognition.

7.2. Briefing

Le jour de la simulation, les étudiant·e·s accèdent à un dossier patient (version papier) qu'ils·elles analysent pour se préparer à la prise en soins. Avant d'entrer en salle, l'étudiant·e ayant le rôle principal est équipé·e d'un micro (pour la diffusion en salle d'observation) et de lunettes d'oculométrie, connectées à un smartphone. Le calibrage des lunettes est rapide (<1 minute) et s'intègre aisément dans les routines pré-simulation (figure 2).

Figure 2 : Photo de l'installation et calibrage des lunettes oculométriques



7.3. Réalisation et annotation de la simulation

Pour l'étudiant·e, la simulation se déroule comme une session standard (figure 3).

Pour l'enseignant·e, une tâche supplémentaire consiste à annoter en temps réel les étapes du raisonnement ABCDE supposées être réalisées (figure 3). Cette annotation s'appuie sur la vidéo diffusée par les lunettes (non visible par les observateur·trice·s) ou sur les vidéos des caméras externes. L'outil d'annotation de *Pupil Labs* est utilisé à cette fin.

À l'issue de la simulation, l'enseignant·e déséquipe l'étudiant·e, et les vidéos sont exportées vers la plateforme EYE LEARN en fin de journée.

Figure 3 : Photo de gauche, réalisation de la simulation ; photo de droite, annotation des étapes ABCDE



7.4. Débriefing

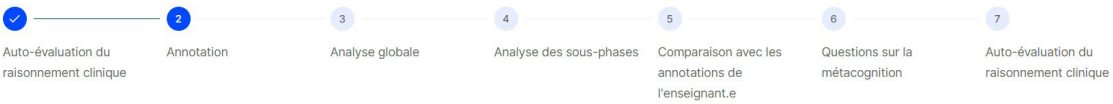
Le débriefing, conduit juste après la simulation selon les méthodes habituelles, ne fait pas appel aux données d'oculométrie. Il constitue toutefois une étape intermédiaire dans le processus EYE LEARN : l'étudiant·e s'appuiera ensuite sur son souvenir de la simulation et du débriefing pour conduire son analyse différée sur la plateforme.

7.5. Exploitation

L'étape d'exploitation a lieu environ 15 jours après la simulation, permettant un recul réflexif sans perte excessive de mémoire. Ce délai tient également compte du traitement algorithmique des vidéos et de la création des accès personnalisés à la plateforme.

L'exploitation d'EYE LEARN s'organise autour de sept étapes (figure 4) :

Figure 4 : Bandeau des 7 étapes de la plateforme



Elle comprend environ 30 questions fermées et ouvertes, destinées à guider l'autoévaluation. Lors du prébriefing et en début de parcours, il est rappelé qu'il n'y a pas de réponse juste ou fausse. Les questions sont posées pour guider la réflexion et conduire l'étudiant·e à identifier ses propres améliorations potentielles.

L'exercice peut être réalisé en une ou plusieurs fois. Il dure en moyenne une heure environ.

Une fois le parcours complété, l'étudiant·e peut revenir consulter la vidéo, les frises comparatives ABCDE (étudiant·e/enseignant·e) (figure 5), ainsi que les statistiques des zones d'intérêt visuel, utiles notamment pour la préparation aux examens.

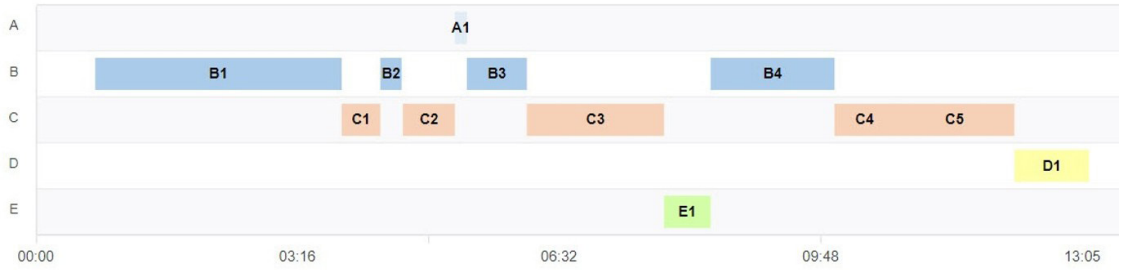
7.5.1. Autoévaluation initiale des compétences en RCI

La première étape consiste à s'autoévaluer à l'aide de la *Nurses Clinical Reasoning Scale* (NCRS) (Liou et al., 2016), traduite librement. Bien que cet outil n'ait pas été conçu pour mesurer l'impact d'une intervention courte, il présente dans le contexte du projet certains intérêts potentiels. Il permet d'une part aux étudiant·e·s de réfléchir à leurs compétences et d'autre part est susceptible d'identifier d'éventuelles évolutions entre les mesures réalisées avant et après l'usage d'EYE LEARN. Dès qu'une traduction validée sera disponible, elle sera intégrée à la plateforme.

7.5.2. Annotation des phases ABCDE

En parallèle du visionnage de sa vidéo subjective, l'étudiant·e identifie les différentes étapes ABCDE de sa prise en soins. Chaque annotation est intégrée automatiquement pour constituer une frise visuelle représentant l'organisation temporelle de son raisonnement (figure 5).

Figure 5 : frise ABCDE



7.5.3. Analyse globale de la prestation de simulation (frise et zones de fixation)

Après visionnage de la vidéo et de la frise ABCDE, l'étudiant·e accède aux statistiques de fixation du regard, réparties selon des zones d'intérêt prédéfinies.

- Tête : zone impliquée durant les échanges (para)verbaux avec les patient·e·s, elle est aussi reliable à des éléments du A, du B, du D et du E.
- Buste : zone reliable à des éléments du B et du C.
- Bras : zone reliable à des éléments du B et du C.
- Jambes : zone reliable à des éléments du C et du E.
- Chariot : meuble roulant contenant le matériel de soins.

Des éléments ont été rajoutés au fil du développement d'EYE LEARN :

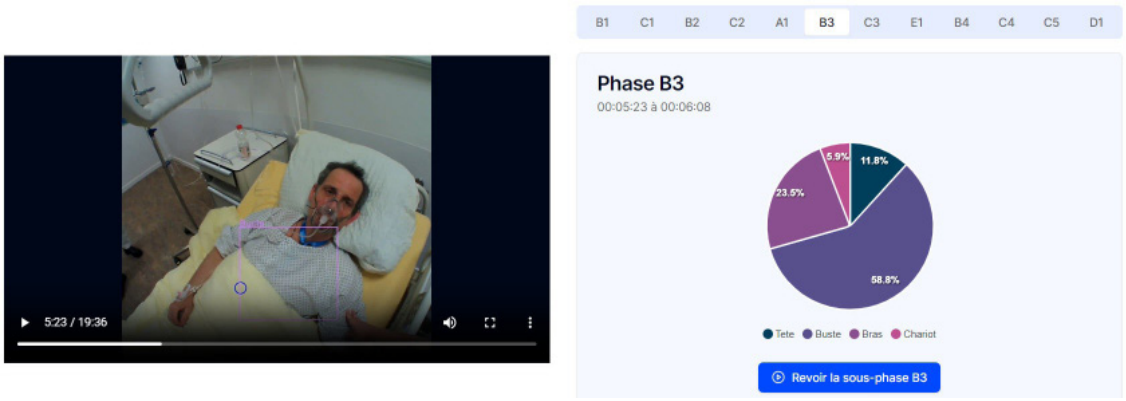
- Monitoring : appareil recueillant certaines constantes paracliniques comme la saturation sanguine en oxygène (B), la tension artérielle (C)…
- Notes : document papier permettant de recueillir les données récoltées. Certain·e·s étudiant·e·s passent beaucoup de temps à le regarder et il semblait pertinent de leur en faire prendre conscience.
- Mes bras : initialement, l'algorithme confondait les bras des patient·e·s et les bras des étudiant·e·s. Son apprentissage a donc été enrichi pour différentier ces deux objets. Ces statistiques n'ayant pas d'intérêt pédagogique, elles ne sont pas montrées aux participant·e·s.

Ces données sont proposées globalement, puis détaillées par phase ABCDE. Des questions permettent de mettre en lien les observations visuelles et les actions attendues.

7.5.4. Analyse ciblée d'une sous-phase ABCDE

L'étudiant·e sélectionne un (ou plusieurs) extrait vidéo correspondant à une sous-phase de la prise en soins, qu'il·elle analyse plus finement à l'aide des statistiques oculométriques et des superpositions des zones de fixation directement affichées sur la vidéo (figure 6).

Figure 6 : Illustration de la revisualisation d'une sous-phase



Cette étape permet de comparer les fixations enregistrées avec les actions cliniques attendues dans le tableau ABCDE fourni aux étudiant·e·s (figure 7).

Figure 7 : Illustration du tableau des actions attendues ABCDE

	A	B	C	D	E
EVALUATION	• Position de la tête/langue • Bruits d'obstruction • Corps étrangers • Sécrétions • Œdème • Réflexe déglutition / toux • Expectorations	• FARC respiratoire • Saturation en O_2 • Voir-Ecouter-Sentir • Auscultation pulmonaire • Bruits respiratoires • Muscles accessoires / tirages • Déviation trachée • (Distension jugulaire - C !) • Emphysème sic	• FARC hémodynamique • Tension artérielle • Diurèse & urines • Accès iv • Couleur de la peau • Signe mauvaise perfusion • Dyspnée/fatigue/palpitations • Auscultation cardiaque • Douleur : thorax ou différée • Saignement (int/ext)	• ACVPU • Douleurs • Score Glasgow (GCS) • BE FAST • Pupilles • Glycémie • Déficit sens-moteur MIIMS • Intoxications	• T° (fièvre gériatrique) • Tête au pieds • Regarder là où on ne voit pas • Modifications de la peau • Equipements (pansements-drains) • Environnement
INTERVENTIONS	➢ Ouverture des VAS ➢ Aspiration ➢ Guedel/Wendel ➢ Prévention broncho-aspiration ➢ Réniforme ➢ Mouchoirs	➢ O_2 selon SpO_2 ➢ Position ➢ Aérosol ➢ Humidification ➢ Ventilation ➢ Catégoriser	➢ Accès iv ➢ Hydratation per os ou iv ➢ Contrôle de l'hémorragie ➢ Position ➢ Médication ➢ Epipen©	➢ Gestion de la douleur (méd. et non méd.) ➢ Glycémie: glucose ou insuline ➢ Narcan® (opioïdes) ➢ Anexate® (BZD) ➢ Protection (contention/chute) ➢ Protection des ACSOS	➢ Gestion de la T° ➢ Anticiper équipement supplémentaire

7.5.5. Comparaison avec la frise de l'enseignant·e

L'étudiant·e confronte sa propre frise ABCDE à celle produite par les annotations réalisées par l'enseignant·e. Cette comparaison, non normative, vise à mettre en évidence d'éventuelles cohérences ou divergences d'interprétation, et à nourrir une réflexion sur l'écart entre intention et perception.

7.5.6. Analyse métacognitive

Cette étape propose une autoévaluation guidée de la prise de conscience de la situation selon les dimensions du modèle d'Endsley (1995) (perception, compréhension, anticipation, décision, action). L'étudiant·e est invité·e à identifier ses forces et des axes d'amélioration potentiels, tant au niveau de sa pratique clinique que de son raisonnement et de son organisation mentale.

7.5.7. Autoévaluation finale des compétences en RCI

Enfin, l'étudiant·e complète une seconde fois le questionnaire NCRS. L'analyse comparative des réponses est discutée au point 9.4 de cet article, afin d'évaluer l'évolution perçue des compétences en RCI à l'issue du processus.

8. Descriptif des tests réalisés et évolution de la plateforme

Conçu comme un projet d'innovation pédagogique, EYE LEARN a suivi une logique itérative. Cinq cycles de tests ont été menés entre décembre 2022 et avril 2024. Cette approche a permis une amélioration continue du dispositif et de la plateforme, tout en conservant une posture réflexive sur son usage. Si cette méthodologie engendre certains biais d'évaluation, du fait des modifications progressives de l'outil, elle a également permis une réactivité importante pour adapter le concept dans des délais courts.

8.1. Itération 1

Tableau 1 : itération 1

12.2022	Thématique : soins en chirurgie		Semestre : fin de 1er	
Simulation	Places	21	Utilisations	19
Exploitation	Vidéos exploitables	17	Utilisations	15

Les étudiant·e·s étaient volontaires pour tester EYE LEARN et avaient conscience du caractère exploratoire et expérimental de la démarche.

8.1.1. Simulation

Des dysfonctionnements techniques ont été rencontrés, notamment des déconnexions entre les lunettes (*Invisible*) et les ordinateurs des enseignant·e·s, probablement dues à une surcharge du réseau Wifi ou à des protocoles de sécurité. Des interruptions d'enregistrement ont également été causées par le détachement accidentel des caméras magnétiques lorsque les étudiant·e·s ajustaient les lunettes.

8.1.2. Exploitation

La plateforme n'étant pas encore accessible à distance, l'analyse a été réalisée en présentiel sur rendez-vous, encadrée par le responsable du projet. Les étudiant·e·s disposaient d'un tutoriel vidéo, d'un guide papier, et bénéficiaient d'un accompagnement direct.

Le traitement des vidéos (post-identification des phases ABCDE) interrompait la fluidité de l'exercice. Les statistiques issues de l'algorithme YOLO v.5 (Jocher et al., 2022) identifiait la tête, le buste, les bras, les jambes et le chariot de soins. Les statistiques, présentées sous forme d'histogrammes, intégraient les temps et les ratios de fixations sur chaque zone ainsi que le nombre de regards portés. Le tableau ABCDE (figure 7), était alors disponible uniquement en format papier.

L'ensemble du processus a pu être réalisé par la majorité des étudiant·e·s porteurs des lunettes. Les retours ont été très positifs et plusieurs pistes d'amélioration ont été identifiées.

8.2. Itération 2

Tableau 2 : itération 2

05.2023	**Thématique : soins d'urgence**		**Semestre : 4eme**	
Simulation	Places	16	Utilisations	15
Exploitation	Vidéos exploitables	14	Utilisations	14

Les étudiant·e·s étaient volontaires pour tester EYE LEARN et avaient conscience du caractère toujours exploratoire et expérimental de la démarche.

8.2.1. Simulation

Trois enseignant·e·s externes au projet ont été impliqué·e·s pour tester l'autonomisation du dispositif, avec un accompagnement des concepteur·trice·s. L'usage de routeurs dédiés a permis d'améliorer la stabilité de la connexion, bien que quelques pertes de signal aient persisté. La sensibilisation des étudiant·e·s à ne pas manipuler les lunettes a permis de limiter les déconnexions physiques.

8.2.2. Exploitation

Le processus a été transposé en ligne. Les étudiant·e·s ont reçu un identifiant personnel et ont pu accéder à la plateforme à distance. Le traitement des vidéos, réalisé en amont, a fluidifié l'expérience.

Des tutoriels (vidéo et PDF) ont été fournis pour la connexion à la plateforme et la réalisation de l'identification des phases ABCDE. La frise, initialement présentée sur une seule ligne, a été reformatée pour présenter une ligne par lettre. Les visualisations statistiques ont été simplifiées : temps de fixation en camemberts, nombre de regards en histogrammes. Le tableau ABCDE (figure 7) a été intégré à la plateforme.

Des problèmes mineurs ont été détectés (limites de caractères dans les réponses ouvertes) et rapidement corrigés, sans altérer globalement l'expérience utilisateur.

8.3. Itération 3

Tableau 3 : itération 3

10.2023	**Thématique : soins en médecine**		**Semestre : début 1er**	
Simulation	Places	16	Utilisations	16
Exploitation	Vidéos exploitables	16	Utilisations	15

Cette utilisation d'EYE LEARN marque le début de son intégration systématique dans la formation Bachelor. Les étudiant·e·s n'étaient plus volontaires pour l'outil, mais seulement pour participer à la simulation.

8.3.1. Simulation

De nouveaux·elles enseignant·e·s, moins proches du projet, ont été formé·e·s au dispositif et ont pu progressivement travailler de manière autonome.

Des problèmes techniques ont été résolus : les câbles USB défectueux ont été remplacés et le Wifi des appareils personnels des étudiant·e·s présent·e·s au centre de simulation a été désactivé pour limiter les interférences. Le calibrage des lunettes a été amélioré grâce à l'utilisation de cibles visuelles fixées sur les portes des salles de simulation.

8.3.2. Exploitation

Les derniers bugs des zones de texte ont été corrigés. L'algorithme YOLO a été enrichi pour reconnaître le monitoring. Les statistiques sont désormais présentées en quatre graphiques (regards/fixations, nombre/ratio).

8.4. Itération 4

Tableau 4 : itération 4

10.2023	**Thématique : soins en chirurgie**		**Semestre : fin 1er**	
Simulation	Places	40	Utilisations	37
Exploitation	Vidéos exploitables	34	Utilisations	25

Les étudiant·e·s étaient issu·e·s de la même promotion que ceux·celles ayant participé à l'itération 3. La recommandation était de laisser la place (en simulation et donc pour EYE LEARN) à ceux·celles qui n'avaient pas encore participé.

8.4.1. Simulation

L'achat de deux nouvelles paires de lunettes *Neon* a permis d'élargir la participation. Cependant, des dysfonctionnements spécifiques à ce modèle ont été constatés : déconnexions aléatoires et enregistrements sans son (14 vidéos). Il a été décidé malgré tout d'utiliser les vidéos sans son, afin d'évaluer la place de l'audio dans le processus.

La surchauffe de la caméra positionnée au niveau du front a diminué le confort des participant·e·s et le sentiment d'oubli du port des lunettes.

La plupart des enseignant·e·s participant à cette itération avaient déjà utilisé EYE LEARN et ont assez facilement géré l'utilisation de manière semi-autonome.

8.4.2. Exploitation

Compte tenu du délai assez court avec l'itération précédente, les modifications de la plateforme ont été limités à la mise à jour d'un algorithme plus récent (YOLO v.8) améliorant sensiblement la précision et le temps de traitement.

8.5. Itération 5

Tableau 5 : itération 5

04.2024	**Thématique : soins d'urgence**		**Semestre : 4ème**	
Simulation	Places	28	Utilisations	27
Exploitation	Vidéos exploitables	26	Utilisations	25

Les étudiant·e·s étaient issu·e·s de la promotion ayant participé à l'itération 1. Parmi ces derniers·ères, 6 ont refait l'exercice EYE LEARN.

8.5.1. Simulation

L'autonomie des enseignant·e·s a été renforcée grâce à l'établissement de procédure sous forme de *checklists* et à une documentation technique complète pour le centre de simulation.

Le problème de son avec les lunettes *Neon* a persisté. Une solution temporaire a été mise en place : le son des caméras externes a été monté *a posteriori* sur les vidéos, permettant de récupérer 5 fichiers exploitables. Une mise à jour logicielle de *Pupil Labs* a ensuite corrigé le problème d'enregistrement sonore.

8.5.2. Exploitation

La plateforme a été profondément restructurée : nettoyage du code, optimisation de l'interface, amélioration de l'expérience utilisateur (des étudiant·e·s et des administrateur·trice·s) et création autonome des comptes étudiants. L'algorithme a été réentraîné pour mieux discriminer certaines zones (bras patient·e *vs* étudiant·e, jambes). Une nouvelle catégorie « Notes » a été introduite.

Les statistiques ont été volontairement simplifiées pour l'utilisateur final, ne conservant que le temps et le pourcentage de fixations par zone, afin de faciliter l'analyse.

9. Résultats d'évaluations

Dans une logique d'amélioration continue, le dispositif EYE LEARN a été évalué après chaque itération, tant auprès des étudiant·e·s que des enseignant·e·s. Les auteurs reconnaissent toutefois certaines limites méthodologiques, notamment des biais de sélection et l'évolution constante de l'outil au fil du temps, rendant les résultats partiellement non comparables. Néanmoins, les données recueillies permettent de dégager plusieurs tendances et enseignements utiles.

9.1. Taux de participation et de réponses

Au total, 114 étudiant·e·s ont participé aux simulations en portant les lunettes d'oculométrie, dont 108 vidéos se sont révélées exploitables. Parmi eux, 92 étudiant·e·s ont mené à terme l'analyse sur la plateforme EYE LEARN, et 82 ont répondu aux questionnaires d'évaluation (Tableau 6).

Tableau 6 : Exploitation et réponses aux questionnaires

Itération	1	2	3	4	5
% d'exploitation selon le nombre de vidéos exploitables	88.2	100	93.8	67.7	92.6
% de réponses aux questionnaires d'évaluation selon le nombre de parcours réalisés	100	100	86.7	100	63

L'itération 4 présente un taux d'exploitation plus faible, probablement en lien avec une période d'examens proches, sans rapport direct avec la simulation. Le taux de réponse plus bas en itération 5 pourrait s'expliquer par une forme de saturation à devoir remplir des questionnaires chez les étudiant·e·s de deuxième année.

9.2. Questionnaire propre au projet

Faute de questionnaire validé dans la littérature répondant aux objectifs spécifiques d'EYE LEARN, l'équipe projet a développé son propre outil d'évaluation.

9.2.1. Commentaires généraux

Les premiers résultats, notamment ceux de l'itération 1, ont été très positifs, probablement portés par une forte motivation des participant·e·s à tester une innovation. L'accompagnement rapproché des enseignant·e·s a aussi pu jouer un rôle favorable.

À mesure que le dispositif a été intégré dans le cursus, les réponses semblent plus standardisées.

Lors de l'itération 4, la moitié des répondant·e·s disposaient de vidéos sans son, ce qui pourrait avoir affecté la perception globale du dispositif. Néanmoins, les résultats restent bons, laissant supposer que l'absence de l'audio ne constitue pas un obstacle majeur à l'analyse. Cet aspect mérite toutefois d'être exploré plus en profondeur.

Les résultats présentés ci-après utilisent une échelle de Likert sur 5 points.

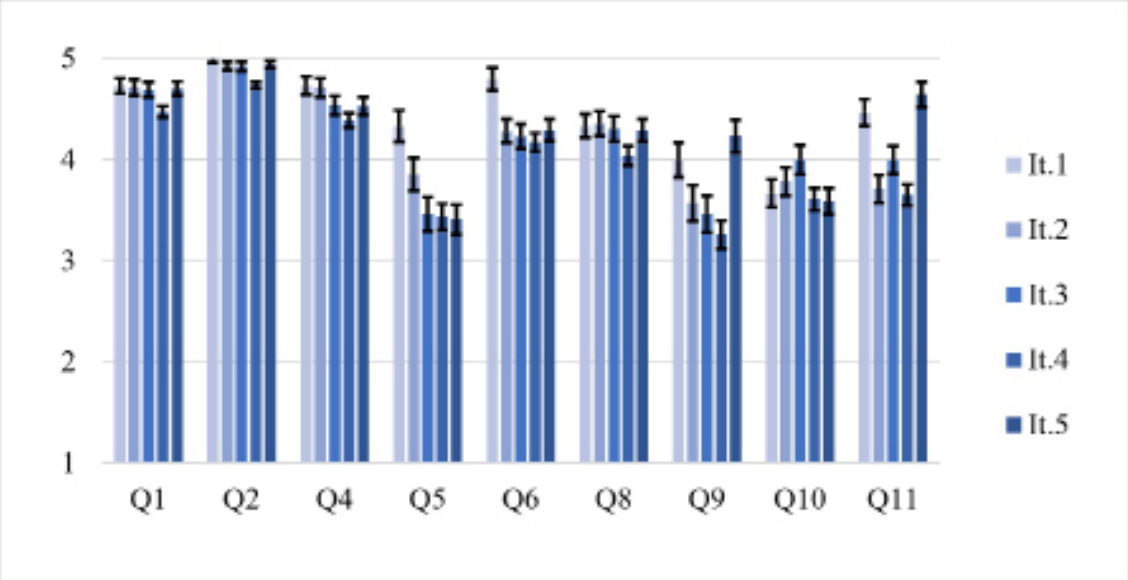
9.2.2. Expérience utilisateur et interface

Les résultats des questions du tableau 7 présentés dans la figure 8 sont globalement positifs.

Tableau 7 : questions expérience utilisateur et interface

Q1	Les informations fournies sur le Eye Tracking durant le prébriefing (10 jours avant la simulation) étaient claires.
Q2	Les explications fournies sur l'utilisation des lunettes le jour de la simulation étaient claires.
Q4	Les lunettes ont été faciles à utiliser.
Q5	J'ai oublié que je portais les lunettes durant la simulation.
Q6	Les explications et le tutoriel d'utilisation du programme étaient clairs.
Q8	Les étapes de travail étaient claires.
Q9	J'ai facilement pu annoter ma vidéo.
Q10	La précision des données fournies par le programme (metrics liés aux zones regardées) était satisfaisante.
Q11	L'interface graphique était claire et facilitait l'utilisation.

Figure 8 : résultats expérience utilisateur et interface



Q5 : Le confort perçu diminue à partir de l'itération 3, possiblement en lien avec l'utilisation de nouveaux câbles USB plus solides mais plus rigides ou en lien avec la température générée sur le front par les lunettes *Neon*.

Q9 et Q11 : Une amélioration notable est observée à l'itération 5, probablement en lien avec la refonte de la plateforme.

Q10 : Bien que la précision des statistiques soit jugée satisfaisante, l'algorithme de reconnaissance des zones d'intérêt reste perfectible. Une amélioration est en cours, notamment par le passage d'un marquage en quadrilatères à un détourage précis des formes et l'intégration de nouvelles images dans le modèle de *machine learning*.

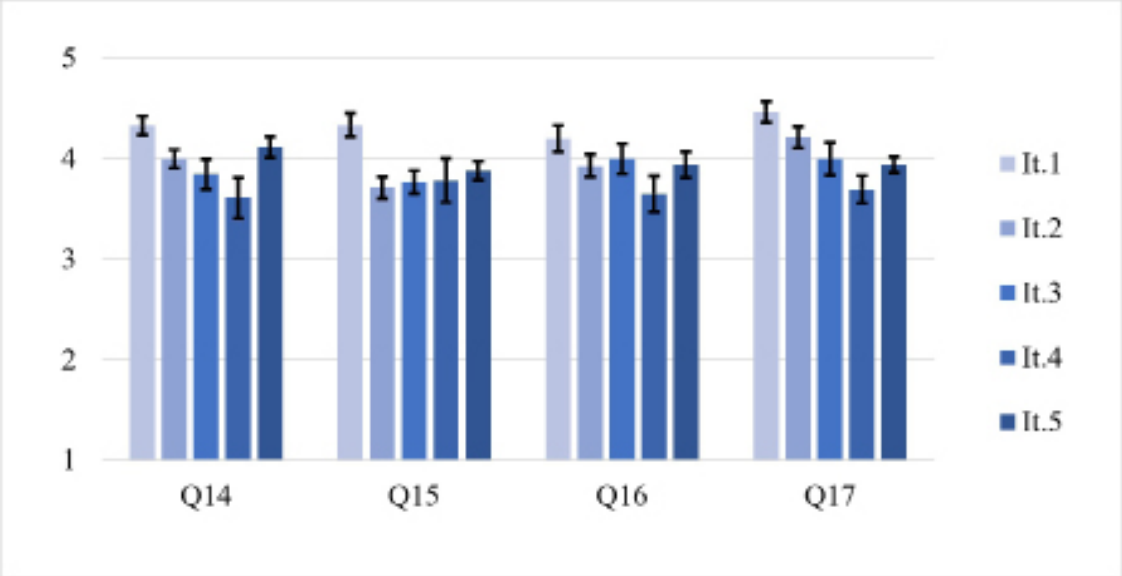
9.2.3. Apprentissages

Les résultats liés à l'impact sur les apprentissages sont également encourageants.

Tableau 8 : questions apprentissage

Q14	J'ai le sentiment d'avoir appris/progressé concernant les éléments de prise en soins du patient.
Q15	J'ai le sentiment d'avoir appris/progressé concernant le fonctionnement de mon raisonnement (métacognition).
Q16	J'ai le sentiment que l'utilisation du Eye Tracking et du travail associé m'ont apporté une plus-value dans ma formation.
Q17	J'ai le sentiment que cet exercice va modifier favorablement ma pratique lors de ma prochaine prise en soins.

Figure 9 : résultats apprentissages



L'ensemble des réponses suggère une plus-value perçue sur les apprentissages, bien que cela ne suffise pas à attester formellement de l'efficacité pédagogique du dispositif sans protocole d'évaluation plus rigoureux.

Q15 : L'item sur la métacognition, potentiellement complexe pour les étudiant·e·s en autonomie, reçoit pourtant une évaluation positive, ce qui témoigne de l'effet réflexif induit par le dispositif.

9.2.4. Quelques commentaires d'étudiant·e·s

Des questions ouvertes ont permis aux étudiant·e·s de formuler des retours qualitatifs. Quelques exemples représentatifs :

« *Le fait de se revoir dans la situation de son propre point de vue permet d'avoir à nouveau les mêmes pensées que lors de la simulation. Ce qui est positif car on peut réfléchir sur ces pensées pour savoir comment en avoir de meilleures pour la suite* ».

« *Le programme est super intéressant et je pense qu'il serait vraiment bénéfique de le garder car c'est une bonne technique d'apprentissage et cela nous permet de voir ce que l'on peut améliorer* ».

« *J'ai trouvé intéressant de revivre la simulation et de comprendre pourquoi j'ai vu certains éléments mais je ne les ai pas intégrés* ».

« *Le fait de prendre conscience que l'on peut regarder quelque chose mais pas forcément le prendre en considération* ».

« *Particulièrement utile : le pourcentage + revoir la simulation + avoir le tableau ABCDE + la comparaison avec le prof* ».

« *Pouvoir revoir "à travers" nos yeux ce que j'ai fait. Me remettre dans la situation pour me rendre compte avec du recul ce que j'ai fait et regardé. Car souvent les simulations se passent très vite et en sortant on a oublié le 90% de ce qu'on a fait* ».

Un·e étudiant·e de l'itération 5 ayant visiblement participé à l'itération 1 : « *Très bonne amélioration par rapport à la première fois : clair et précis* ».

9.3. Short version of User Expérience Questionnaire (UEQ-S)

L'UEQ-S (Schrepp et al., 2017), questionnaire validé évaluant l'expérience utilisateur selon les dimensions pragmatique (clarté, efficacité) et hédonique (originalité, plaisir), a été utilisé.

Les résultats sont exprimés sur une échelle de – 3 à + 3 (tableau 9 et figure 10) et comparés sur la plateforme des auteurs, à un benchmark de plus de 500 produits (Tableau 10).

Tableau 9 : questionnaire UEQ-S

Rigide	ooooooo	Facilitant
Compliqué	ooooooo	Simple
Inefficace	ooooooo	Efficace
Déroutant	ooooooo	Clair
Ennuyeux	ooooooo	Captivant
Inintéressant	ooooooo	Intéressant
Conventionnel	ooooooo	Original
Habituel	ooooooo	Avant-gardiste

Figure 10 : résultats UEQ-S

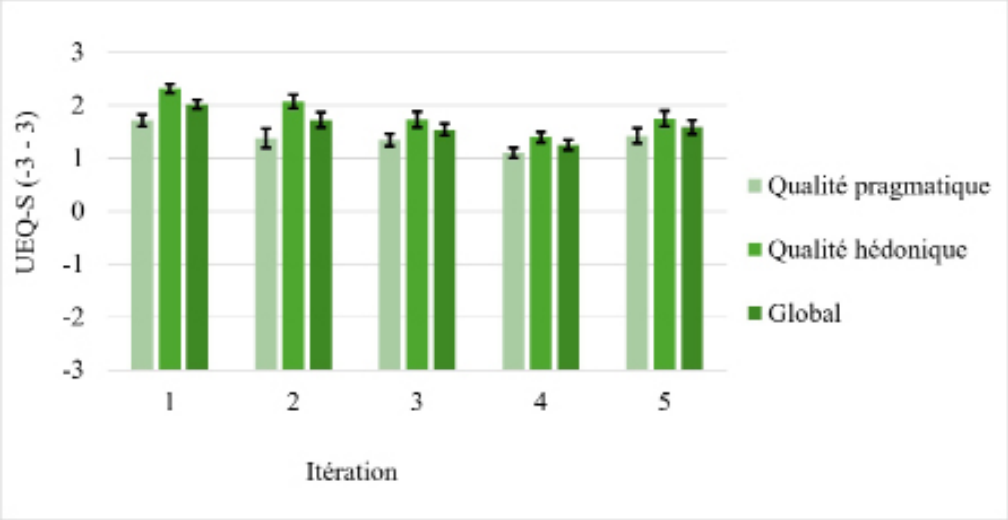


Tableau 10 : résultats selon benchmark

Session	1	2	3	4	5
Qualité pragmatique	Bon	Au-dessus de la moyenne	Au-dessus de la moyenne	Sous la moyenne	Au-dessus de la moyenne
Qualité hédonique	Excellent	Excellent	Excellent	Bon	Excellent
Ensemble	Excellent	Excellent	Bon	Au-dessus de la moyenne	Excellent

L'aspect innovant (hédonique) du dispositif est largement reconnu et l'interface est perçue comme agréable et engageante.

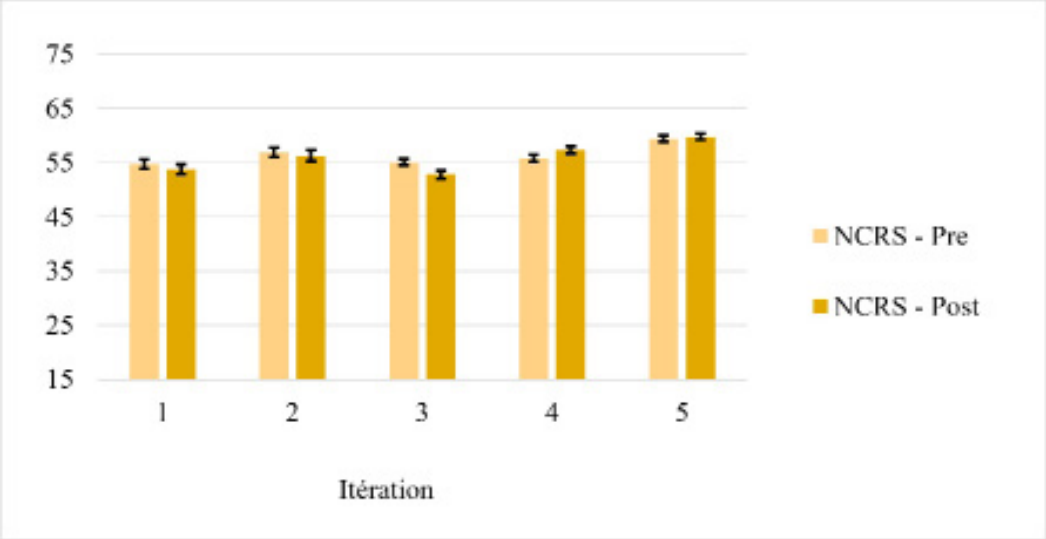
9.4. Autoévaluation NCRS (avant/après)

Le NCRS, composé de 15 items évalués sur une échelle de Likert à 5 points (score maximal : 75), a été utilisé pour recueillir l'autoévaluation des compétences RCI avant et après le parcours EYE LEARN. Bien que cet outil n'ait pas été conçu spécifiquement pour mesurer l'impact d'interventions de courte durée, il offre un aperçu intéressant de la perception qu'ont les étudiant·e·s de leur progression.

Les résultats (figure 11) ne révèlent pas de différence statistiquement significative entre les scores initiaux et finaux. Toutefois, une baisse du score est observée dans trois itérations, ce qui peut sembler contre-intuitif. Cette évolution pourrait toutefois s'expliquer par une prise de conscience accrue des limites de leurs propres compétences de la part des étudiant·e·s. Elle pourrait illustrer une transition du stade d'incompétence inconsciente vers celui d'incompétence consciente (Gordon et Burch, 2003).

Ce type de prise de conscience représente une étape essentielle du processus métacognitif, en ce qu'il ouvre la voie à une réflexion plus lucide sur ses propres capacités et permet de formuler de nouveaux objectifs d'apprentissage dans une perspective d'amélioration continue.

Figure 11 : résultats NCRS



9.5. *Focus group* et retour des enseignant·e·s

Des *focus groups* et entretiens informels ont été réalisés auprès des 17 enseignant·e·s ayant utilisé le dispositif.

Les retours sont globalement très positifs, notamment sur l'intérêt pédagogique et l'utilité du dispositif pour favoriser l'analyse réflexive. Certaines craintes initiales ont été exprimées concernant la complexité technique (installation du matériel, annotation ABCDE), mais elles se sont dissipées rapidement grâce aux supports fournis (checklists, procédures) et à l'accompagnement du responsable du projet.

La seule réserve concerne la charge mentale potentiellement accrue lorsqu'un·e enseignant·e doit gérer seul·e à la fois la simulation et l'annotation. Cette contrainte s'estompe généralement avec l'expérience. Pour les situations complexes ou pour les formateur·trice·s moins expérimenté·e·s, la présence d'une seconde personne peut être recommandée.

10. Discussion

Les résultats des évaluations menées auprès des étudiant·e·s et enseignant·e·s confirment l'intérêt d'EYE LEARN et sont en cohérence avec les modèles conceptuels sur lesquels il repose.

Ces résultats nous indiquent que les étudiant·e·s apprécient l'approche pédagogique qui place l'expérience concrète et la réflexion au cœur du processus d'apprentissage (Kolb, 1984). Le fait de revivre leur expérience simulée, complétée par les données oculométriques, facilite leur réflexion approfondie et structurée sur leur pratique clinique.

Le modèle ABCDE (Verdon, 2023) offre une méthodologie claire pour l'enseignement du RCI. Les résultats des évaluations révèlent que la visualisation détaillée des phases ABCDE renforce concrètement le sentiment d'apprentissage du raisonnement systématique. Étudiant·e·s et enseignant·e·s rapportent leur satisfaction quant à la clarté et la pertinence du dispositif, ce qui facilite les apprentissages et les enseignements d'un RCI structuré.

Le modèle de prise de conscience situationnelle d'Endsley (1995) fournit une base solide pour exploiter les données d'oculométrie. Les résultats obtenus montrent que les étudiant·e·s perçoivent une amélioration notable de leur capacité à observer, comprendre et anticiper les situations cliniques. Les enseignant·e·s témoignent de l'intérêt du dispositif dans l'accompagnement pédagogique.

Enfin, la théorie de la métacognition de Flavell (1976), explicitée opérationnellement par Leclercq et al. (2004), est centrale à notre dispositif. Elle favorise l'analyse réflexive et la régulation consciente des processus cognitifs chez les étudiant·e·s. Les retours montrent une satisfaction avérée quant à l'impact métacognitif de l'oculométrie, soulignant l'utilité du dispositif et du processus d'exploitation associé pour identifier précisément leurs forces et leurs axes d'amélioration.

Ces résultats confirment la pertinence des cadres théoriques mobilisés par EYE LEARN, illustrant leur utilité pratique pour les étudiant·e·s et enseignant·e·s. L'approche intégrée, réflexive et enrichie technologiquement par l'oculométrie répond aux attentes pédagogiques, contribuant positivement au développement des compétences cliniques et métacognitives visées.

11. Dissémination

Dès la conception d'EYE LEARN, les auteur·trice·s ont souhaité partager leur démarche et soumettre le projet à l'expertise de professionnel·le·s issu·e·s de divers domaines, dans une optique de coopération interdisciplinaire et d'amélioration continue.

Dans cette dynamique, EYE LEARN a été présenté lors de plusieurs manifestations nationales et internationales, relevant des champs de la pédagogie (« Les cafés de l'INAS – Episode 25 : EYE LEARN : l'oculométrie utilisée en simulation », 2023), de l'ingénierie informatique (Meteier et al., 2023), des sciences médicales (Vasse et al., 2023) ou de la pédagogie en santé (Vasse et al., 2025), afin de favoriser les échanges, recueillir des retours critiques et envisager de futures collaborations.

12. Perspectives

Le projet EYE LEARN bénéficie du soutien financier du Fonds de Recherche & Innovation de la Heds FR. Ce financement permet de garantir la poursuite du développement, de consolider l'exploitation pédagogique du dispositif et d'élargir son rayonnement.

Parmi les objectifs fixés pour la suite du projet figurent :

- la poursuite de la collecte de données en vue de la production d'articles scientifiques fondés sur des résultats consolidés ;
- la finalisation de l'intégration d'EYE LEARN au sein du cursus Bachelor en Soins Infirmiers de la Heds FR ;
- l'optimisation de l'implantation technique du dispositif au Centre de Simulation de la Heds FR, pour en garantir un usage fluide et durable ;
- le développement de partenariats intradisciplinaires avec d'autres institutions actives dans la formation en soins infirmiers ;
- le développement de partenariats et de prestations interdisciplinaires, auprès d'acteurs de formations n'évoluant pas forcément dans le domaine des soins, mais souhaitant renforcer les compétences en raisonnement hypothético-déductif ou l'application reposant sur l'analyse visuelle.

13. Conclusion

EYE LEARN constitue un projet innovant mêlant pédagogie et technologie, pensé au service des apprentissages. Il soutient le développement du raisonnement clinique infirmier par le levier de la métacognition, en mobilisant des approches actives, réflexives et personnalisées.

S'inscrire dans ce projet représente une expérience riche et stimulante, portée notamment par la dimension interdisciplinaire qui en est le fondement. Les résultats obtenus jusqu'ici sont prometteurs, tant sur le plan pédagogique que technique, et témoignent de l'engagement de l'ensemble des parties prenantes.

Les auteur·trice·s tiennent à adresser leurs remerciements sincères à toutes les personnes ayant contribué à la réalisation et à l'évolution du projet : les étudiant·e·s en soins infirmiers et en informatique et le personnel d'enseignement qui ont accueilli EYE LEARN avec enthousiasme et ont activement participé à son déploiement.

14. Bibliographie

American Heart Association. (2020). *Advanced Cardiovascular Life Support (ACLS)—Provider manual*.

Blondon, K., Wipfli, R. et Lovis, C. (2015). Use of eye-tracking technology in clinical reasoning: A systematic review. *Studies in Health Technology and Informatics*, *210*, 90-94.

Browning, M., Cooper, S., Cant, R., Sparkes, L., Bogossian, F., Williams, B., O'Meara, P., Ross, L., Munro, G. et Black, B. (2016). The use and limits of eye-tracking in high-fidelity clinical scenarios: A pilot study. *International Emergency Nursing*, *25*, 43-47. https://doi.org/10.1016/j.ienj.2015.08.002

Bylinskii, Z., Borkin, M. A., Kim, N. W., Pfister, H. et Oliva, A. (2017). Eye Fixation Metrics for Large Scale Evaluation and Comparison of Information Visualizations. Dans M. Burch, L. Chuang, B. Fisher, A. Schmidt et D. Weiskopf (dir.), *Eye Tracking and Visualization* (p. 235-255). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47024-5_14

Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, *37*(1), 32-64. https://doi.org/10.1518/001872095779049543

Endsley, M. R. et Garland, D. J. (2000). *Direct Measurement of Situation Awareness: Validity and Use of SAGAT*. https://doi.org/10.4324/9781315087924-9

HEdS-FR - Haute école de santé Fribourg. (2023). *EYE LEARN*. https://www.heds-fr.ch/fr/innovation-et-services/eye-learn/

Flavell, J. H. (1976). *Metacognitive aspects of problem-solving*. L.B Resnick.

Gordon, T. et Burch, N. (2003). *Teacher Effectiveness Training: The Program Proven to Help Teachers Bring Out the Best in Students of All Ages*. Three Rivers Press.

Hu, H., Li, H., Wang, B., Zhang, M., Wu, B. et Wu, X. (2024). Application of eye-tracking in nursing research: A scoping review. *Nursing Open*, *11*(2), e2108. https://doi.org/10.1002/nop2.2108

Jocher, G., Chaurasia, A., Stoken, A., Borovec, J., NanoCode012, Kwon, Y., Michael, K., TaoXie, Fang, J., imyhxy, Lorna, Yifu), □□□ (Zeng, Wong, C., V, A., Montes, D., Wang, Z., Fati, C., Nadar, J., Laughing, … Jain, M. (2022). *ultralytics/yolov5: V7.0 - YOLOv5 SOTA Realtime Instance Segmentation* (Version v7.0) [Logiciel]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.7347926

Kolb, D. A. (1984). Experiential Learning: Experience As The Source Of Learning And Development. *Journal of Business Ethics* (Vol. 1).

Leclercq, D., Poumay, M. et Références, L. (2004). *Méthodes de Formation et Théories de l'Apprentissage*. Editions de l'Université de Liège. https://www.researchgate.net/profile/Dieudonne-Leclercq/publication/267770422_La_Metacognition/links/551aa5ad0cf244e9a458bad9/La-Metacognition.pdf

Les cafés de l'INAS - Episode 25 : EYE LEARN : l'oculométrie utilisée en simulation. (2023, novembre 27). *Service/FPSE - Méthodologie et formation*. https://web.umons.ac.be/semf/les-cafes-de-linas/

Liou, S.-R., Liu, H.-C., Tsai, H.-M., Tsai, Y.-H., Lin, Y.-C., Chang, C.-H. et Cheng, C.-Y. (2016). The development and psychometric testing of a theory-based instrument to evaluate nurses' perception of clinical reasoning competence. *Journal of Advanced Nursing*, *72*(3), 707-717. https://doi.org/10.1111/jan.12831

Meteier, Q., Mugellini, E., Angelini, L., Verdon, A. A., Senn-Dubey, C. et Vasse, J.-M. (2023). Enhancing the Metacognition of Nursing Students Using Eye Tracking Glasses. *Proceedings of the 2023 Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, 1-2. https://doi.org/10.1145/3588015.3590115

Mitchell, P., Bloxham, C., Hirst, G., Laws, P., Nunez, E., Redfern, N. et Thoms, G. (2013). *Safer Care: Human Factors for healthcare Trainer's Manual*.

Negi, S. et Mitra, R. (2020). Fixation duration and the learning process: An eye tracking study with subtitled videos. *Journal of Eye Movement Research*, *13*(6), 10.16910/jemr.13.6.1. https://doi.org/10.16910/jemr.13.6.1

Psiuk, T. (2019). *L'apprentissage du raisonnement clinique : Concepts fondamentaux - Contexte et processus d'apprentissage*. De Boeck Supérieur.

Pupil Labs. (2024). *Eye tracking technology—Gain insight into human behavior*. https://pupil-labs.com/

Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, *124*(3), 372-422. https://doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372

Schrepp, M., Hinderks, A. et Thomaschewski, J. (2017). Design and Evaluation of a Short Version of the User Experience Questionnaire (UEQ-S). *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, *4*, 103. https://doi.org/10.9781/ijimai.2017.09.001

Tien, T., Pucher, P. H., Sodergren, M. H., Sriskandarajah, K., Yang, G.-Z. et Darzi, A. (2014). Eye tracking for skills assessment and training: A systematic review. *The Journal of Surgical Research*, *191*(1), 169-178. https://doi.org/10.1016/j.jss.2014.04.032

Vasse, J.-M., Senn-Dubey, C., Mugellini, E. et Verdon, A. (2025). TLCO01 - L'oculométrie à usage pédagogique : Un levier pour développer le raisonnement clinique par la métacognition - EYE LEARN. *Pédagogie Médicale*, *26*, S91. https://doi.org/10.1051/pmed/2025006

Vasse, J.-M., Verdon, A., Senn-Dubey, C., Angelini, L., Mugelini, E. et Meteier, Q. (2023). EYE LEARN: Innovative pedagogical process using eye tracking to enhance systematic clinical reasoning and metacognition in acute care simulation. *Resuscitation*, *192*, S165. https://doi.org/10.1016/S0300-9572(23)00723-2

Verdon, A. (2023, février 9). *ABCDE : Une approche efficiente pour développer les compétences en raisonnement clinique*. Congrès mondial du SIDIIEF 2022, Ottawa, Canada. https://congres.sidiief.org/communications-orales/