



Simulateur en Ophtalmologie au CHU de Dijon

Réduire l'inégalité de formation au sein de l'inter
région Bourgogne-Franche Comté



06 OCTOBRE 2025
CHU DIJON BOURGOGNE

1 - Etat des lieux : l'apprentissage chirurgical en Ophtalmologie

La chirurgie de la cataracte est l'acte chirurgical le plus réalisé en France : en 2016, 826 000 procédures de chirurgie de la cataracte ont été réalisées. Avec le vieillissement de la population et l'allongement de l'espérance de vie, en 2024, le nombre de chirurgies de la cataracte a dépassé le nombre de 1 000 000 par an. Chaque année, le CHU de Dijon accueille 4 nouveaux DES qui ont tous une formation chirurgicale de la cataracte. (un interne par an va suivre une formation complémentaire de chirurgie rétinovitréenne et environ 2 par an consacrée à la chirurgie de la cornée). Notre centre a effectué de l'ordre de 2400 chirurgies de la cataracte, 640 chirurgies rétinovitréennes et 133 chirurgies du glaucome.

Parallèlement à la diminution du nombre d'ophtalmologistes dans les territoires, le nombre d'internes en formation a augmenté alors que celui des centres qui vont assurer une formation chirurgicale a plutôt tendance à diminuer. L'objectif de ce projet est d'assurer l'apprentissage de la chirurgie de la cataracte et de la chirurgie vitréo-rétinienne par la simulation en réalité virtuelle afin de maintenir un haut niveau de formation des internes, une égalité des chances de formation chirurgicale entre internes et de sécuriser la formation chirurgicale avant le passage à la pratique clinique. La formation des internes évolue avec la modification du diplôme d'étude spécialisée en ophtalmologie (3^{ème} cycle d'études médicales paru au journal officiel le 28/4/2017), intégrant la simulation dans le programme socle et le programme d'approfondissement. Les modalités d'évaluations de connaissance portant sur l'organisation du troisième cycle des études médicales de médecine, prend en compte l'activité en centre de simulation. L'usage du simulateur en phase socle et approfondissement s'intègre à la formation pratique des étudiants de 3^{ème} cycle d'études médicales spécialisée avant la mise en pratique en condition réelle afin de réaliser enfin le dogme « **Jamais la 1^{er} fois sur le patient** ».

L'augmentation du nombre d'internes d'ophtalmologie et l'exigence de maintenir une excellence de formation initiale pratique et chirurgicale impliquent un accompagnement de l'évolution des méthodes pédagogiques. L'enseignement par la simulation chirurgicale répond à cette exigence : l'étudiant peut développer progressivement un ensemble d'aptitudes chirurgicales et acquérir des compétences techniques dans un milieu sécurisé pour lui; l'enseignant peut l'accompagner et vérifier son niveau de compétence avant la mise en pratique de ses aptitudes en situation réelle; la prise en charge du patient par un interne en phase de consolidation est alors plus sécurisée. La formation des internes évolue avec la modification du DES (diplôme d'étude spécialisée, 3^{ème} cycle d'études médicales, recommandant l'usage de la simulation dans les apprentissages). Le simulateur chirurgical offre une méthode pédagogique innovante permettant de répondre au besoin territorial de formation.

A ce jour, il n'y a pas de modèle pertinent de simulation sur œil artificiel ou animal pour la chirurgie vitréo-rétinienne en raison de l'équipement lourd nécessaire (microscope opératoire, vitréotome réservé au TP,

système de lumière froide, visualisation de la rétine très médiocre sur les yeux de porc ex-vivo...) Le dogme « jamais la 1ère fois sur un patient » ne peut être respecté pour cette chirurgie en 2025 en Bourgogne. Il existe des outils sommaires (KITARO KIT) qui permettent une première approche gestuelle mais n'a nullement la pertinence des simulateurs en réalité virtuelle (photos 1 et 2) .

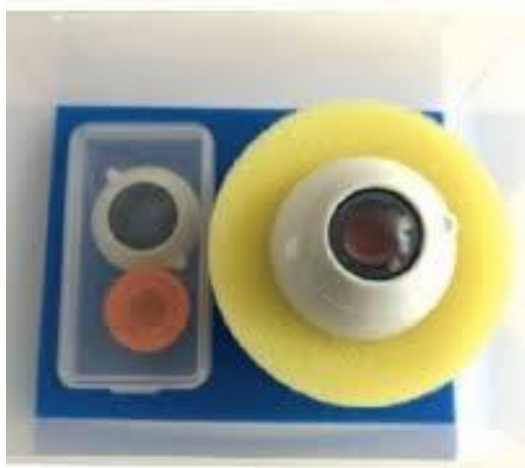


Photo 1 : Kitaro KIT



Photo 2 : EYE SI Simulator

Les internes sont actuellement enseignés par compagnonnage chirurgical qui va débiter au cours de la phase socle pour s'achever généralement lors de la période de docteur junior 1 (DJ1) (on vise une autonomie chirurgicale à la fin du DJ1). Ce compagnonnage est effectué dans des conditions de sécurité aussi optimales que possibles... mais sur un patient.

Alors qu'il est doté d'un centre de simulation, le CHU de Dijon ne bénéficie pas de simulateur en Ophtalmologie pourtant recommandé par le Collège des Universitaires des Ophtalmologistes de France (COUF). La proximité d'un tel outil garantit son utilisation quotidienne. Il est donc indispensable qu'il soit accessible aisément pour les étudiants dijonnais en formation.

2 – Pourquoi un simulateur au sein de chaque centre de formation universitaire ?

Le développement de la réalité virtuelle permet la conception de simulateur de haute fidélité en chirurgie intraoculaire (simulateur pour chirurgie de cataracte et vitéo-rétiniennne) avec une évaluation automatisée de la performance (score, temps de réalisation de la tâche, détection des complications générées par l'apprenant). Des capteurs suivent en temps réel les mouvements intraoculaires des instruments chirurgicaux dans les 3 plans de l'espace et analysent la position des instruments par rapport aux tissus

intraoculaires virtuels. Ce simulateur comprend à la fois **l'entraînement** et une **évaluation automatisée** pour chaque apprenant. L'ordinateur intègre le temps de réalisation de l'étape opératoire, la qualité de réalisation, la quantification des dommages oculaires réalisés par l'apprenant (lésions cornéennes, lésions iriennes) pour chaque exercice. Ce score est enregistré et peut être suivi de session en session, permettant d'établir une courbe d'apprentissage. Le suivi automatisé de chaque étudiant dans la base de données du simulateur permet d'évaluer pour chaque étudiant le nombre d'heures de simulation ainsi que les scores obtenus sur chaque programme, en les comparant avec les objectifs de formation précédemment décrits pour chaque phase socle ou approfondissement. Un encadrement des apprentissages par un formateur permet une **adaptation individuelle** du programme en fonction des difficultés.

La revue de la littérature montre l'intérêt de ce simulateur dans la formation chirurgicale initiale avec un niveau de preuve important 1) le simulateur mesure la performance de l'apprenant et discrimine un chirurgien novice ou expérimenté; 2) L'amélioration des scores sur simulateur confirme l'amélioration des performances en conditions réelles; 3) Le simulateur réduit la courbe d'apprentissage de l'apprenant en réduisant le taux de complications peropératoires.

Les internes de l'inter région ont un **accès déséquilibré** aux centres de simulation à la chirurgie ophtalmologique, ce qui rend inégale la formation sur le territoire.

Il existe actuellement différentes possibilités de formation pour les internes d'ophtalmologie de notre inter région y compris la région Grand Est :

- Un simulateur au CHU de Besançon, acquis sur un co-financement région - université
- Un simulateur dans chaque ville de la région Grand Est (financé le plus souvent par l'ARS ou la région) ou par des fond privés (Nancy)

Une session de formation nécessite un encadrant sénior pour 1 à 2 internes, et un à 2 internes par simulateur par demi-journée. Le programme de formation chirurgicale par la simulation en ophtalmologie nécessite un accès répété et encadré à la plateforme de simulation, ce qui n'est pas possible actuellement pour l'ensemble des internes de Dijon. Il reposerait sur le déplacement régulier d'internes et de formateurs sur des centres de simulation éloignés ce qui n'est pas compatible avec le fonctionnement du service.

Le service d'Ophtalmologie du CHU de Dijon figure parmi les services de tout premier ordre en France et en Europe, tant en termes de prise en charge des pathologies de la cataracte, de la rétine et du glaucome, ainsi qu'en témoignent les premières places au dernier classement annuel 2024 du magazine le Point, qu'en matière de formation et de recherche (2 chercheurs figurant dans le classement de Stanford). Cette excellence bénéficie directement aux patients de notre région Bourgogne-Franche-Comté, et même au-delà. Cette attractivité a été rendue possible grâce à l'excellence de l'équipe médico-soignante. La qualité de l'apprentissage et de la formation médicale dijonnaise est largement reconnue au niveau européen

(participation active à l'European Board of Ophthalmology, et à l'European Vision and Eye Research, European Glaucoma Society).

Le simulateur permet non seulement un apprentissage mais également une évaluation de l'acquisition des compétences. La disponibilité des machines de simulation, la disponibilité des formateurs et la distance sont 3 obstacles à la formation correcte des internes. Il y a donc une véritable inéquité pour les internes actuellement formés à Dijon.

3. Comment intégrer ce simulateur au sein de la formation

L'apprentissage de la chirurgie de cataracte par la simulation répond ainsi à plusieurs objectifs :

1. Une formation chirurgicale **sécurisée pour tous les apprenants** : nombre d'heures égal de formation chirurgicale pour tous les internes sur simulateur supervisé par un chirurgien expérimenté, et un renforcement de la formation pour ceux qui présenteraient des difficultés pratiques sur simulateur afin d'améliorer le niveau chirurgical avant la mise en pratique clinique.

De même, après la survenue d'une complication chirurgicale en pratique clinique, une séance de training sur simulateur et un debriefing de la complication chirurgicale peut restaurer la confiance de l'apprenant dans sa courbe d'apprentissage et lever les inhibitions liées à l'échec.

2. Une formation **plus rapide pour tous les apprenants**, dans un contexte d'augmentation rapide du nombre d'internes. En effet avec le simulateur, l'apprenant pourra réaliser dans une séance 20 rhexis alors qu'il aurait fallu une année pour effectuer ce même nombre de gestes en pratique clinique. La disponibilité régulière du simulateur au plus près du lieu de formation de l'interne permet de multiplier les sessions de formation, et donc d'accélérer la courbe d'apprentissage.

3. Une formation **plus sécurisée pour les patients**, par une diminution du nombre de complications per et post-opératoires lors du passage de l'apprenant en situations cliniques réelles.

Phases	Temps de formation (en nombre de demi-journées de formation / an)
Phases socles	15
Phases d'approfondissement (3 années cumulées)	13
Docteurs juniors (2 années cumulées)	3
TOTAL	31

Le COUF (Collège des Ophtalmologistes Universitaires de France) propose depuis 2018 un plan d'enseignement par la simulation chirurgicale, conforme au nouveau décret de formation du DES (journal officiel du 28/4/2017), tout au long des 6 ans de formation (annexe 1) (Figure 1)

Programme de formation en simulation*

1'séance'2'heures'sur'le'simulateur

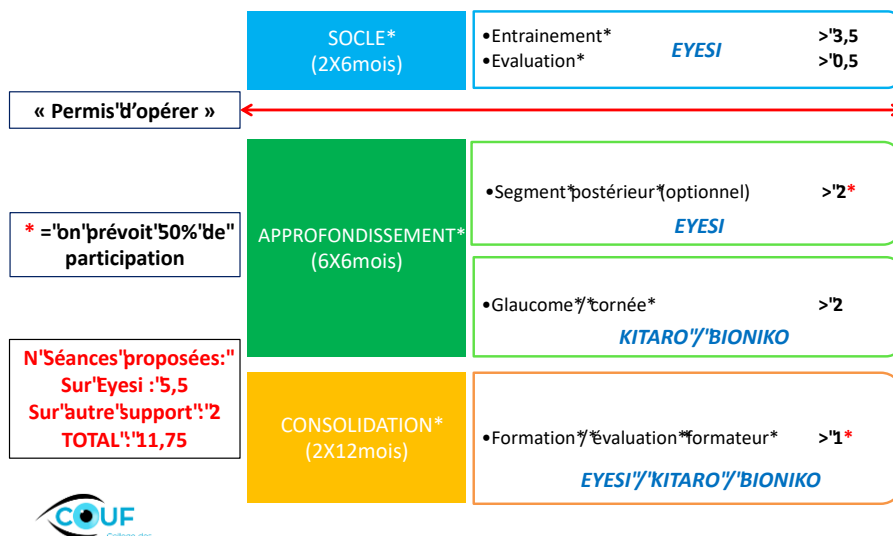


Figure 1 : Programme de formation recommandé par le COUF

4 - Publics concernés par ce projet de simulation

- La formation chirurgicale sur simulateur s'adresse en priorité à l'ensemble des internes d'ophtalmologie de l'inter-région, soit 4 internes par an soit 24 internes actuellement en phase socle et approfondissement. Une attention particulière est portée aux internes de phase socle, qui doivent bénéficier de plusieurs séances de formation au cours d'un même semestre pour sécuriser leur formation chirurgicale.
- La formation chirurgicale sur simulateur pourra par ailleurs être proposée aux vétérinaires (étudiants et / ou diplômés) souhaitant se spécialiser dans la chirurgie ophtalmologique pour l'animal (demande régulière de formation des b=vétérinaires locaux)
- Enfin, une initiation à la microchirurgie pour les étudiants de 6ème année de médecine (avant les ECN), dans le but d'aider leur choix d'orientation professionnelle (test des aptitudes microchirurgicales avant orientation en 3ème cycle) pourra être mise en place.
- En formation continue, cet outil de développement professionnel permettra l'acquisition ou le développement de l'expertise relative à la chirurgie de la cataracte et à la chirurgie rétinienne. Une action interrégionale de formation continue : notre service organise un DIU de chirurgie vitréo-rétinienne. Une formation sur le simulateur pourra être proposée pour les étudiants en cours de formation.

En complément, l'amélioration des compétences, la mise à niveau et l'évaluation des praticiens titulaires de diplôme étranger (PADHUE) pourront être mis en place avant la mise en pratique chirurgicale de façon

à favoriser leur implantation sur notre territoire (inter région et GHT) et notamment les zones faiblement dotées en Ophtalmologistes (Nièvre, Yonne, Haute Marne).

5 - Indicateurs de réussite attendus :

Le service s'engage à réaliser **une évaluation organisationnelle** de ce programme de formation :

- Nombre de séances de formation réalisées annuellement pour les internes de phase socle
- Nombre de séances de formation réalisées annuellement pour les internes de phase d'approfondissement
- Nombre de séances de formation réalisée pour l'apprentissage de la chirurgie vitréo-rétinienne
- Offre globale de formation par le centre.

Une évaluation pédagogique sera également réalisée à partir des courbes de progression des internes. Cette analyse comportera la recherche de facteurs influençant ces scores (avancement dans le cursus, mais aussi nombre de séances réalisées...). Une attention particulière sera portée à l'influence de la distance entre le lieu de stage (DES en formation dans un CH) et le centre de simulation.

Ce projet permettra une ouverture vers d'autres actions d'amélioration collective, dont le double objectif est de répondre à la problématique de santé publique décrite plus haut et à l'exigence de l'amélioration de gestion de la qualité et des risques :

- La mise en place d'un registre interrégional des complications graves (en association avec le CHU de Besançon) ;
- La revue de morbi-mortalité des 2 services d'ophtalmologie de chaque CHU pourra réaliser un suivi annuel des complications graves (gravité 4 ou 5) et des réadmissions-réhospitalisations. Cet outil traceur permettra d'évaluer l'efficacité de la formation des internes en terme de diminution de complications per et post opératoire de la chirurgie de la cataracte et de chirurgie rétinienne ;
- L'évaluation de la mise en place de ce programme pour la chirurgie de la cataracte et rétinienne pourra faire l'objet de thèses de doctorat en ophtalmologie, avec un objectif de publication dans des journaux internationaux à comité de lecture ;
- Une structuration de l'équipe enseignante autour du projet du simulateur permettra de définir pour chaque étudiant un senior référent qui suivra l'évolution et la progression de l'étudiant.

5- Budget nécessaire au développement de la simulation en Ophtalmologie au CHU de Dijon

L'évaluation budgétaire a été réalisée sur la base de devis réalisés en juillet 2021 par la firme commercialisant le simulateur de chirurgie en ophtalmologie. Ce simulateur n'étant à ce jour commercialisé que par une seule entreprise, la mise en concurrence n'est pas possible.

Les montants liés à l'organisation des sessions de formation (coûts des formateurs, éventuelle location de salles, frais de gestion) ne sont pas comptabilisés, car liés aux missions universitaires dans le cadre de la formation initiale et intégrés dans le fonctionnement du centre de simulation.

Cette évaluation comprend les options les plus "sécurisantes" en termes de maintenance et de garantie. Le montant du simulateur comprend l'ensemble des options demandées (extension de garantie sur le matériel à 3 ans et sur l'informatique à 10 ans, 1 set de pièces à main supplémentaire en cas de casse.

Centres de couts	Montants (HT)
Simulateur EYESI	250 000 euros
1 set de pièce à main supplémentaire	7900 euros
Extension de garantie sur le matériel et l'informatique	21000 euros
Total	288 900 euros

Volet 1 : Montant du simulateur, de la garantie du matériel et du logiciel

Annexe 1 : Organisation des formations sur simulateur au cours du DES

En phase socle (1^{ère} année de 3^{ème} cycle d'études médicales spécialisées) 4 séances de 2 heures sont planifiées pour chaque apprenant dont au moins 2 supervisées en groupe de 3 apprenants. Le contenu du programme de chaque séance de formation en phase socle pour l'apprentissage de la chirurgie de la cataracte est réparti en 4 niveaux de progression puis un examen final de réalisation d'une chirurgie de cataracte complète en réalité virtuelle permet de valider le passage à l'étape de mise en pratique en condition réelle. Pour la chirurgie de cataracte, chaque session réalisera les tâches du programme cataracte Cat –A, Cat-B, CAT-C et Cat-D correspondant à une progressivité des acquisitions des gestes. La dernière séance supervisée comprendra un examen avec la réalisation en réalité virtuelle d'une cataracte standard avec une exigence de score minimal pour valider le passage à la pratique clinique. Le passage à la pratique clinique correspond à faire opérer de vrais patients porteurs de cataracte par l'étudiant et l'usage d'un examen final par la réalisation d'une chirurgie complète de cataracte en simulation permet de savoir si l'étudiant a atteint un savoir-faire suffisant pour ne pas mettre en danger le patient. Si l'étudiant n'a pas atteint le score minimal, des séances de simulation supplémentaires seront proposées. Une exigence de sécurité pour le patient doit être retenue dans la considération de passer à la pratique clinique.

Pour la chirurgie vitréo-rétinienne, l'intérêt du simulateur est de permettre la formation rapide et de qualité de plusieurs opérateurs par cycle de formation. En effet, le nombre de chirurgies vitréo-rétiniennes par an en 2012 en France était de 44000 (source PMSI) : soit un rapport de 1/20 par rapport à la phakoémulsification. L'ambition n'est pas de former tous les ophtalmologistes à la chirurgie vitréo-rétinienne mais de pérenniser une formation de qualité de quelques internes par promotion, en nombre adapté aux besoins de santé publique. La formation de cette surspécialité ophtalmologique intégrée à la phase d'approfondissement et de consolidation se fera avec une sécurité maximale pour l'apprenant (développement de ses capacités pratiques, gestion de la visualisation du segment postérieur, gestion de situations compliquées) et induira une sécurité accrue pour les patients opérés par les apprenants en phase de consolidation.

En phase d'approfondissement, une séance supervisée d'initiation à la chirurgie vitréorétinienne, de 2 heures par groupes de 3, sera réalisée pour tous les internes (vitrectomie simple, pelage de membrane épirétinienne). La chirurgie vitréorétinienne nécessite une expérience dans la visualisation 3D d'un globe oculaire : moins fréquente en nombre d'actes (rapport de 1/20 par rapport à la cataracte), le training virtuel est indispensable pour acquérir rapidement une courbe d'apprentissage pendant la formation initiale. Donc les internes désireux de se spécialiser dans l'exercice de la chirurgie vitréo-rétinienne auront une formation supplémentaire de 3 séances, dont au moins 2 supervisées au cours des 2 années de la phase d'approfondissement, simulant les différentes opérations : pelage de membrane épirétinienne et chirurgie du décollement de rétine. De même des séances en autonomie peuvent permettre à l'interne en phase de consolidation de répéter l'intervention qu'il doit réaliser prochainement sur un patient, pour sécuriser sa procédure.

En fin de cursus de 3ème cycle des études médicales, les étudiants appelés à prendre un poste de Chef de Clinique – assistant des hôpitaux ou d'assistant spécialiste dans un des services d'ophtalmologies du CHU, recevront une formation de formateur à la chirurgie de cataracte et vitréorétinienne sur simulateur afin de devenir à leur tour formateur et pérenniser le système de formation chirurgicale à la simulation sur le long cours.