



كلية الطب
والصيدلة - مراكش
FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

Année 2022

Thèse N° 166

La validité du simulateur EyeSi pour l'initiation à la chirurgie de cataracte.

THESE

PRESENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 30/05/2022

PAR

Mr. **HAMDAOUI Ayoub**

Né le 31 Décembre 1995 à Béni-Mellal

Ancien Interne du CHU Mohammed VI de Marrakech

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS-CLÉS :

Cataracte - Simulation - Simulateur Eyesi - phacoémulsification

JURY

M.	A.MOUTAOUAKIL Professeur d'ophtalmologie	PRESIDENT
Mme.	I.HAJJI Professeur d'ophtalmologie	RAPPORTEUR
M.	A.R.EL ADIB Professeur d'Anesthésie Réanimation	} JUGES
Mme.	S.BELGHMAIDI Professeur en ophtalmologie	

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَمَا يَسْتَوِي الْأَعْمَىٰ وَالْبَصِيرُ ﴿19﴾

سورة فاطر 19

وَلَا تَقْفُ مَا لَيْسَ لَكَ بِهِ عِلْمٌ

إِنَّا السَّمْعَ وَالْبَصَرَ وَالْفُؤَادَ كُلًّا أُولَئِكَ كَانَ عَنْهُ مَسْئُولًا ﴿36﴾

سورة الإسراء 36

وَاللَّهُ أَخْرَجَكُمْ مِّنْ بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ

السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ وَالْأَفْئِدَةَ ۗ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿78﴾

سورة النحل 78

وَهُوَ الَّذِي أَنشَأَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ وَالْأَفْئِدَةَ

ۗ قَلِيلًا مَّا تَشْكُرُونَ ﴿78﴾

سورة المؤمنون 78

صِدْقَ اللَّهِ الْعَظِيمِ



Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.

Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades sera mon premier but.

Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.

Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.

Les médecins seront mes frères.

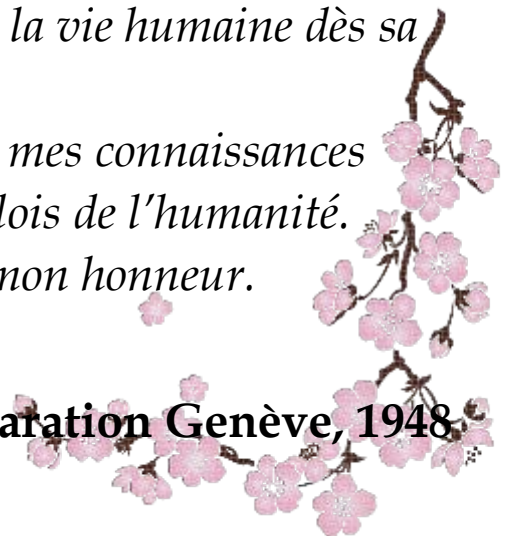
Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale, ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.

Je maintiendrai strictement le respect de la vie humaine dès sa conception.

Même sous la menace, je n'userai pas mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.

Je m'y engage librement et sur mon honneur.

Déclaration Genève, 1948.





LISTE DES PROFESSEURS



UNIVERSITE CADI AYYAD
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
MARRAKECH

Doyens Honoraires : Pr. Badie Azzaman MEHADJI
: Pr. Abdelhaq ALAOUI YAZIDI

ADMINISTRATION

Doyen : Pr. Mohammed BOUSKRAOUI
Vice doyen à la Recherche et la Coopération : Pr. Mohamed AMINE
Vice doyen aux Affaires Pédagogiques : Pr. Redouane EL FEZZAZI
Secrétaire Générale : Mr. Azzeddine ELHOUDAIGUI

Professeurs de l'enseignement supérieur

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABKARI Imad	Traumato- orthopédie	ESSAADOUNI Lamiaa	Médecine interne
ABOU EL HASSAN Taoufik	Anesthésie- réanimation	FADILI Wafaa	Néphrologie
ABOUCHADI Abdeljalil	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	FAKHIR Bouchra	Gynécologie- obstétrique
ABOULFALAH Abderrahim	Gynécologie- obstétrique	FOURAJI Karima	Chirurgie pédiatrique
ABOUSSAÏR Nisrine	Génétique	GHANNANE Houssine	Neurochirurgie
ADALI Imane	Psychiatrie	GHOUNDALE Omar	Urologie
ADMOU Brahim	Immunologie	HACHIMI Abdelhamid	Réanimation médicale
AGHOUTANE EL Mouhtadi	Chirurgie pédiatrique	HAJJI Ibtissam	Ophthalmologie
AISSAOUI Younes	Anesthésie - réanimation	HAROUK Karam	Gynécologie- obstétrique
AIT AMEUR Mustapha	Hématologie Biologique	HOCAR Ouafa	Dermatologie
AIT BENALI Said	Neurochirurgie	JALAL Hicham	Radiologie
AIT BENKADDOUR Yassir	Gynécologie- obstétrique	KAMILI EL Ouafi EL Aouni	Chirurgie pédiatrique
AIT-SABI Imane	Pédiatrie	KHALLOUKI Mohammed	Anesthésie- réanimation

ALJSoumaya	Radiologie	KHATOURI Ali	Cardiologie
AMALSaid	Dermatologie	KHOUCHANIMouna	Radiothérapie
AMINEMohamed	Epidémiologie- clinique	KISSANINajib	Neurologie
AMMAR Haddou	Oto-rhino- laryngologie	KRATIKhadija	Gastro- entérologie
AMROLamyae	Pneumo- phtisiologie	KRIETMohamed	Ophthalmologie
ANIBAKhalid	Neurochirurgie	LAGHMARI Mehdi	Neurochirurgie
ARSALANELamiaie	Microbiologie - Virologie	LAKMICHI Mohamed Amine	Urologie
ASMOUKIHamid	Gynécologie- obstétrique	LAOUADInass	Néphrologie
ATMANE El Mehdi	Radiologie	LOUHABNisrine	Neurologie
BAIZRIHicham	Endocrinologie et maladies métaboliques	LOUZIAbdelouahed	Chirurgie - générale
BASRAOUIDounia	Radiologie	MADHAR Si Mohamed	Traumato- orthopédie
BASSIRAhlam	Gynécologie- obstétrique	MANOUDIFatiha	Psychiatrie
BELBARAKARhizlane	Oncologiemédicale	MANSOURINadia	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
BELKHOUAhlam	Rhumatologie	MAOULAININEFadl mrabihrabou	Pédiatrie (Neonatalogie)
BEN DRISSLaila	Cardiologie	MATRANEAboubakr	Médecinenucléaire
BENALIAbdeslam	Psychiatrie	MOUAFFAKYoussef	Anesthésie - réanimation
BENCHAMKHAYassine	Chirurgie réparatrice et plastique	MOUDOUNISaid Mohammed	Urologie
BENELKHAIAT BENOMARRidouan	Chirurgie - générale	MOUFIDKamal	Urologie
BENHIMA Mohamed Amine	Traumatologie - orthopédie	MOUTAJ Redouane	Parasitologie
BENJILALILaila	Médecineinterne	MOUTAOUAKIL Abdeljalil	Ophthalmologie
BENZAROUELDounia	Cardiologie	MSOUGGARYassine	Chirurgiethoracique
BOUCHENTOUFRachid	Pneumo- phtisiologie	NAJEBYoussef	Traumato- orthopédie
BOUKHANNILahcen	Gynécologie-	NARJISSYoussef	Chirurgiegénérale

	obstétrique		
BOUKHIRA Abderrahman	Biochimie – chimie	NEJMI Hicham	Anesthésie– réanimation
BOUMZEBRA Drissi	Chirurgie Cardio– Vasculaire	NIAMANE Radouane	Rhumatologie
BOURRAHOUATA Aïcha	Pédiatrie	OUALI IDRISSE Mariem	Radiologie
BOURROUS Monir	Pédiatrie	OUBAHASOFIA	Physiologie
BOUSKRAOUI Mohammed	Pédiatrie	OULAD SAIAD Mohamed	Chirurgie pédiatrique
CHAFIK Rachid	Traumato– orthopédie	QACIF Hassan	Médecine interne
CHAKOUR Mohamed	Hématologie Biologique	QAMOUSSE Youssef	Anesthésie– réanimation
CHELLAKS Aliha	Biochimie– chimie	RABBANIKHALID	Chirurgie générale
CHERIF IDRISSE EL GANOUNI Najat	Radiologie	RADANOUREDDINE	Pédiatrie
CHOULLI Mohamed Khaled	Neuro pharmacologie	RAISHANANE	Anatomie pathologique
DAHAMI Zakaria	Urologie	RAJIABELAZIZ	Oto–rhino–laryngologie
DRAISSGHIZLANE	Pédiatrie	ROCHDI Youssef	Oto–rhino– laryngologie
EL ADIB Ahmed Rassane	Anesthésie– réanimation	SAMKAOUI Mohamed Abdenasser	Anesthésie– réanimation
EL AMRANI Moulay Driss	Anatomie	SAMLANI Zouhour	Gastro– entérologie
EL ANSARINAWAL	Endocrinologie et maladies métaboliques	SARFI SMAIL	Urologie
EL BARNIRACHID	Chirurgie– générale	SORANABILA	Microbiologie – Virologie
EL BOUCHTILMANE	Rhumatologie	SOUMMANI Abderraouf	Gynécologie– obstétrique
EL BOUIHIMOHAMED	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	TASSINOURA	Maladies infectieuses
ELFEZZAZI Redouane	Chirurgie pédiatrique	TAZI Mohamed Illias	Hématologie– clinique
EL HAOURY Hanane	Traumato– orthopédie	YOUNOUSSAID	Anesthésie– réanimation
EL HATTAOUI Mustapha	Cardiologie	ZAHLANE Kawtar	Microbiologie – virologie

EL HOUDZIJamila	Pédiatrie	ZAHLANEMouna	Médecineinterne
EL IDRISSI SLITINENadia	Pédiatrie	ZAOUISanaa	Pharmacologie
EL KARIMISaloua	Cardiologie	ZIADIAmra	Anesthésie - réanimation
EL KHAYARIMina	Réanimationmédicale	ZOUHAIR Said	Microbiologie
EL MGHARI TABIBGhizlane	Endocrinologie et maladies métaboliques	ZYANI Mohammed	Médecineinterne
ELFIKRIAbdelghani	Radiologie		

Professeurs Agrégés

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABIR Badreddine	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale	GHAZI Mirieme	Rhumatologie
ADARMOUCH Latifa	Médecine Communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)	HAZMIRI Fatima Ezzahra	Histologie-embryologie cytogénétique
AIT BATAHAR Salma	Pneumo- phtisiologie	IHBIBANE fatima	Maladies Infectieuses
ARABI Hafid	Médecine physique et réadaptation fonctionnelle	KADDOURI Said	Médecineinterne
ARSALANE Adil	Chirurgie Thoracique	LAHKIM Mohammed	Chirurgiegénérale
BELBACHIR Anass	Anatomie- pathologique	LAKOUICHMI Mohammed	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale
BELHADJ Ayoub	Anesthésie -Réanimation	MARGAD Omar	Traumatologie - orthopédie
BENJELLOUN HARZIMI Amine	Pneumo- phtisiologie	MLIHA TOUATI Mohammed	Oto-Rhino - Laryngologie
BOUZERDA Abdelmajid	Cardiologie	MOUHSINE Abdelilah	Radiologie
BSISS Mohamed Aziz	Biophysique	NADER Youssef	Traumatologie - orthopédie
CHRAA Mohamed	Physiologie	SALAMATarik	Chirurgiepédiatrique

DAROUASSI Youssef	Oto-Rhino - Laryngologie	SEDDIKI Rachid	Anesthésie - Réanimation
EL HAOUATI Rachid	Chirurgie Cardio- vasculaire	SERGHINI Issam	Anesthésie - Réanimation
EL KAMOUNI Youssef	Microbiologie Virologie	TOURABI Khalid	Chirurgie réparatrice et plastique
EL KHADER Ahmed	Chirurgie générale	ZARROUKI Youssef	Anesthésie - Réanimation
EL MEZOUARI El Moustafa	Parasitologie Mycologie	ZEMRAOUI Nadir	Néphrologie
EL OMRANI Abdelhamid	Radiothérapie	ZIDANE Moulay Abdelfettah	Chirurgie thoracique
FAKHRI Anass	Histologie- embryologie cytogénétique		

Professeurs Assistants

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
AABBASSI Bouchra	Pédopsychiatrie	ESSADI Ismail	Oncologie Médicale
ABALLA Najoua	Chirurgie pédiatrique	FASSI FIIHRI Mohamed jawad	Chirurgie générale
ABDELFETTAH Youness	Rééducation et Réhabilitation Fonctionnelle	FDIL Naima	Chimie de Coordination Bio- organique
ABDOU Abdessamad	Chiru Cardio vasculaire	FENNANE Hicham	Chirurgie Thoracique
ABOULMAKARIM Siham	Biochimie	HAJHOUI Farouk	Neurochirurgie
ACHKOUN Abdessalam	Anatomie	HAJJIFouad	Urologie
AIT ERRAMI Adil	Gastro-entérologie	HAMMI Salah Eddine	Médecine interne
AKKA Rachid	Gastro - entérologie	Hammoune Nabil	Radiologie
ALAOUI Hassan	Anesthésie - Réanimation	HAMRI Asma	Chirurgie Générale
ALJALIL Abdelfettah	Oto-rhino-laryngologie	HAZIME Raja	Immunologie
AMINE Abdellah	Cardiologie	JALLAL Hamid	Cardiologie
ARROB Adil	Chirurgie réparatrice et	JANAH Hicham	Pneumo- phtisiologie

	plastique		
ASSERRAJI Mohammed	Néphrologie	LAFFINTI Mahmoud Amine	Psychiatrie
AZAMI Mohamed Amine	Anatomie pathologique	LAHLIMI Fatima Ezzahra	Hématologie clinique
AZIZZakaria	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	LAHMINE Widad	Pédiatrie
BAALLAL Hassan	Neurochirurgie	LALYA Issam	Radiothérapie
BABA Hicham	Chirurgie générale	LAMRANI HANCH Asmae	Microbiologie-virologie
BELARBI Marouane	Néphrologie	LOQMAN Souad	Microbiologie et toxicologie environnementale
BELFQUIH Hatim	Neurochirurgie	MAOUJOUR Omar	Néphrologie
BELGHMAIDI Sarah	Ophthalmologie	MEFTAH Azzelarab	Endocrinologie et maladies métaboliques
BELLASRI Salah	Radiologie	MESSAOUDI Redouane	Ophthalmologie
BENANTAR Lamia	Neurochirurgie	MILOUDI Mohcine	Microbiologie - Virologie
BENCHAFAI Ilias	Oto-rhino-laryngologie	MOUGUI Ahmed	Rhumatologie
BENNAOUI Fatiha	Pédiatrie	NASSIH Houda	Pédiatrie
BENZALIM Meriam	Radiologie	NASSIM SABAH Taoufik	Chirurgie Réparatrice et Plastique
BOUTAKIOUTE Badr	Radiologie	OUEIAGLI NABIH Fadoua	Psychiatrie
CHAHBI Zakaria	Maladies infectieuses	OUMERZOUK Jawad	Neurologie
CHEGGOUR Mouna	Biochimie	RAGGABI Amine	Neurologie
CHETOUI Abdelkhalek	Cardiologie	RAISSI Abderrahim	Hématologie clinique
CHETTATIM Mariam	Néphrologie	REBAHI Houssam	Anesthésie - Réanimation
DAMI Abdallah	Médecine Légale	RHARRASSI Isam	Anatomie-pathologique
DARFAOUI Mouna	Radiothérapie	RHEZALI Manal	Anesthésie-réanimation
DOUIREK Fouzia	Anesthésie- réanimation	ROUKHSI Redouane	Radiologie
EL- AKHIRI Mohammed	Oto- rhino- laryngologie	SAHRAOUI Houssam Eddine	Anesthésie-réanimation
EL AMIRI My Ahmed	Chimie de Coordination bio-organique	SALLAHI Hicham	Traumatologie- orthopédie
EL FADLI Mohammed	Oncologie médicale	SAYAGH Sanae	Hématologie

EL FAKIRI Karima	Pédiatrie	SBAAI Mohammed	Parasitologie–mycologie
EL GAMRANI Younes	Gastro–entérologie	SBAI Asma	Informatique
EL HAKKOUNI Awatif	Parasitologie mycologie	SEBBANI Majda	Médecine Communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)
EL JADI Hamza	Endocrinologie et maladies métaboliques	SIRBOUR Rachid	Médecine d’urgence et de catastrophe
EL KHASSOUI Amine	Chirurgie pédiatrique	SLIOUI Badr	Radiologie
EL ATIQI Oumkeltoum	Chirurgie réparatrice et plastique	WARDA Karima	Microbiologie
ELBAZ Meriem	Pédiatrie	YAHYA OUI Hicham	Hématologie
ELJAMILI Mohammed	Cardiologie	ZBITOU Mohamed Anas	Cardiologie
ELOUARDI Youssef	Anesthésie réanimation	ZOUIA Btissam	Radiologie
EL–QADIRY Rabiya	Pédiatrie	ZOUIZRA Zahira	Chirurgie Cardio– vasculaire

LISTE ARRÊTÉE LE 23/06/2021



DEDICACES



Je me dois d'avouer pleinement ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont soutenue durant mon parcours, qui ont su me hisser vers le haut pour atteindre mon objectif. C'est avec amour, respect et gratitude que..



Je dédie cette thèse ...

A la mémoire de mon adorable père

Je t'écris ces mots, le cœur gros et l'âme aspergée d'un chagrin que le temps n'a pu résoudre. Sept ans depuis que tu nous as quitté. Ça n'a été pas facile, mais comme tu m'as toujours enseigné d'être fort, j'y arriverai. Tu m'as fourni tout ce qu'un enfant peut demander, et encore plus, ce qui m'a permis de devenir ce que je suis aujourd'hui et j'en suis fier.

J'aurai tellement aimé que tu sois présent en ce grand jour, te serrer dans mes bras après avoir prêté serment, te murmurer que ce travail est pour toi et te dire Merci. Merci pour tous tes sacrifices, d'avoir pris soin de moi, d'avoir cru en moi, et de m'avoir fait part de ta douceur et de ton amour paternel

J'espère pouvoir t'honorer un jour et faire ta fierté comme tu fais la mienne.

« Que Dieu, le Tout Puissant t'accorde son infinie miséricorde et t'accueille dans son éternel paradis »

Je t'aime papa et lahi irahmek...

A ma très chère et douce mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices consentis pour mon instruction et mon bien être Maman.

Tu as été pour moi durant toute ma vie une mère exceptionnelle dont j'ai la fierté d'être le fils. J'espère réaliser de ce jour un de tes rêves et être digne de ton nom, ton éducation et ta confiance. Que Dieu, tout puissant, te garde, te procure santé, bonheur et longue vie pour que tu demeures le flambeau illuminant mon chemin...Je t'aime.

Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime maman et j'implore le tout puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse

{ وقل ربي ارحمهما كما ربياني صغيرا }

À mon très cher Frère ANAS

Avoir un grand frère comme toi est déjà un privilège. Nous avons eu la chance de partager une belle enfance ensemble. Nos chemins étaient souvent identiques, nos passions étaient toujours partagées. J'espère te voir briller dans quelques années, c'est ce que tu mérites. Pour tes conseils, ton altruïsme et ton amour je te remercie infiniment.

Je t'aime beaucoup mon frère...

À la mémoire de mes deux grande mère maternel et paternel, mes deux grands-pères maternel et paternel

Puisse Dieu tout puissant, assurer le repos de vos âmes par sa sainte miséricorde.

À mes tantes, mes oncles

En témoignage de mon attachement et de ma grande considération. J'espère que vous trouverez à travers ce travail l'expression de mes sentiments les plus chaleureux. Que ce travail vous apporte l'estime, et le respect que je porte à votre égard, et soit la preuve du désir que j'aie depuis toujours pour vous honorer. Tous mes vœux de bonheur et de santé.

À mes cousines, cousins

Cette humble dédicace ne saurait exprimer mon grand respect et ma profonde estime. Que Dieu vous protège.

A Ma chère Niama

À nos 7 années passées ensemble, aux choses extraordinaires que nous avons partagées, à notre merveilleux parcours, et aux longues années de partage qui nous attendent... Je te remercie de m'avoir procurée tout le soutien et la tendresse dont j'avais besoin. Ta confiance en moi a su guider mes pas égarés vers un horizon meilleur. Ta présence plaît à mon esprit et à mon âme. Merci d'avoir donné un sens à ma vie, merci pour ton amour sincère. Merci pour tout. Je te dédie ce modeste travail qui est aussi le tien en témoignage de mon amour inconditionnel, estime et respect que j'ai pour toi, en implorant DIEU le tout puissant de nous accorder une longue vie de bonheur, de prospérité et de réussite, en te souhaitant le brillant avenir que tu mérites et de nous réunir dans l'au-delà inchaALLAH.. Je t'aime... sincèrement, complètement et sans limite.

A mon meilleur ami Salah-Eddine ElKaddouri

8 ans d'une vraie amitié, il est pour moi inconcevable de tout résumer en quelques mots. Je remémore nos nuits de préparation, nos gardes et nos rires qui nous servaient de thérapie. J'ai passé avec toi les meilleurs moments, et pour cette raison je te remercie. Merci pour ton soutien, pour ta bonté inégalable, et pour ta présence fidèle à ce qui nous lie. Retiens ton souffle, car d'autres chapitres encore plus passionnants nous attendent !

A mes chers amis Houssam Ghazoui et ANAS ELKADDOURI

On m'a toujours dit que nos amis deviennent une seconde famille que l'on voit plus souvent que la vraie à force d'être présent dans toutes les situations délicates. Je confirme aujourd'hui cette rumeur : vous êtes ma seconde famille et je pense que ce lien est éternel. Je vous remercie pour tout ce que vous m'avez apporté et vous souhaite le meilleur dans la vie. Avec tout mon respect et toute mon affection.

A ma très chère amie Khaoula Haij

Tellement de choses à te dire, tellement de souvenirs partagés avec toi ! En hommage à notre belle amitié et aux années passées et venir. Que notre amitié reste éternelle, que ce lien si spécial que nous avons tissé au fil du temps soit éternellement incassable.

A mon trinôme d'externat Hajjou mohamed amine et Salma hajjam

En souvenir des moments merveilleux que nous avons passés et aux liens solides qui nous unissent. Un grand merci pour votre soutien, vos encouragements, votre aide. Avec toute mon affection et estime, je vous souhaite beaucoup de réussite et de bonheur, autant dans votre vie professionnelle que privée.

A mes amis : Firdaous Choukri, Najat Bouhdoud,

En souvenir de chaque moment passé ensemble et de tous ces instants inoubliables. Je vous dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance et de mon amitié.

A ma promotion d'Internat, A la 19ème promotion des internes de Marrakech :

Pour tous les moments passés ensemble et pour tous nos souvenirs, je vous souhaite une longue vie pleine de bonheur et de prospérité.

*A Dr Jihane Hakam et à tous les résidents du service d'ophtalmologie du
CHU Mohammed VI Marrakech :*

*Je suis reconnaissant de l'aide apportée tout au long de ce travail.
Veuillez trouver ici l'expression de mes sentiments les plus distingués*

*A Dr. Ouassim Mansoury et au service d'épidémiologie au CHU
Mohamed VI de Marrakech*

*Je suis reconnaissant de l'aide apportée tout au long de ce travail.
Veuillez trouver ici l'expression de mes sentiments les plus distingués*

*A TOUS MES PROFESSEURS DURANT MES ETUDES PRIMAIRES,
SECONDAIRES ET UNIVERSITAIRES:*

*Veuillez trouver dans ce travail l'expression de ma sincère gratitude et
de ma profonde affection*

*À tous mes Professeurs de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de
Marrakech*

*Une thèse est le fruit de plusieurs années d'études et je ne saurais oublier
dans mes dédicaces l'ensemble de mes professeurs et maîtres qui ont
contribué de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail*

*Aux étudiants en médecine, passés et à venir, A tous ceux qui ont
participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail*

A tous les malades... Je leur souhaite prompt rétablissement

À tous ceux dont l'oubli de la plume n'est pas celui du cœur.



REMERCIEMENTS



A NOTRE MAÎTRE ET PRÉSIDENT DU JURY
PROFESSEUR MOUTAOUAKIL ABDELJALIL
PROFESSEUR DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET CHEF DE
SERVICE D'OPHTALMOLOGIE AU CHU ARRAZI MOHAMED VI
MARRAKECH.

Nous sommes très honorés de vous avoir comme président du jury de notre thèse. Votre compétence professionnelle incontestable ainsi que vos qualités humaines vous valent l'admiration et le respect de tous. Vous êtes l'exemple de rigueur et de droiture dans l'exercice de la profession. Veuillez trouver, cher Maître, dans ce modeste travail l'expression de notre haute considération et notre profond respect.

A NOTRE MAÎTRE ET RAPPORTEUR DE THÈSE
PROFESSEUR HAJJI IBTISSAM
PROFESSEUR DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR AU SERVICE
D'OPHTALMOLOGIE AU CHU ARRAZI MOHAMED VI DE
MARRAKECH

Vous nous avez fait un grand honneur en acceptant de nous confier ce travail. Vous nous avez toujours réservé le meilleur accueil, malgré vos obligations professionnelles. Votre compétence, votre dynamisme et votre rigueur ont suscité en nous une grande admiration et un profond respect. Vos qualités professionnelles et humaines nous servent d'exemple. Veuillez accepter, cher Maître, mes sincères remerciements avec toute la reconnaissance et l'appréciation que je vous témoigne.

A NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE
PROFESSEUR SARAH BELGHMAIDI.
PROFESSEUR AGRÉGÉ EN OPHTALMOLOGIE AU CHU ARRAZI
MOHAMMED VI DE MARRAKECH

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour votre simplicité avec laquelle vous m'avez accueilli. Votre présence constitue pour moi un grand honneur. Je vous remercie pour les conseils fructueux que vous nous avez prodigué à chaque étape de la réalisation de ce travail. Votre modestie et votre courtoisie demeurent pour moi des qualités exemplaires. Veuillez accepter, cher Maître, mes sincères remerciements avec toute la reconnaissance et l'appréciation que je vous témoigne.

A NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE
PROFESSEUR AHMED GHASSANE EL ADIB
PROFESSEUR DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR D'ANESTHÉSIE ET
RÉANIMATION ET CHEF DE SERVICE DE RÉANIMATION
MATERNELLE AU CHU MOHAMMED VI DE MARRAKECH

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de faire part de cet honorable jury. Je vous remercie de la confiance que vous avez bien voulu m'accorder. J'ai eu la chance de compter parmi vos étudiants et de profiter de l'étendue de votre savoir. Vos remarquables qualités humaines et professionnelles ont toujours suscité ma profonde admiration. Je vous prie d'accepter le témoignage de ma reconnaissance et l'assurance de mes sentiments respectueux

CSISS	: centre de simulation et d'innovation en sciences de la santé
FMPM	: faculté de médecine et de pharmacie de Marrakech
CHU	: centre hospitalier universitaire
3D	: trois dimensions
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences
PMMA	: poly méthyl metha crylate
PKE	: phacoémulsification
BSS	: Balanced Salt Solution
USA	: United States of America
IOL	: intraocular Lens
PDF	: Portable Document Format
USB	: Universal Serial Bus
OSACSS	: Objective Structured Assessment of Cataract Surgical Skill
GRASIS	: Global Rating Assessment of Skills in Intraocular Surgery
PCR	: rupture capsulaire postérieure
EDC	: énergie dissipée cumulée



PLAN



INTRODUCTION

MATERIELS ET METHODES

- I. Type d'étude
- II. Période d'étude
- III. Lieu de la formation
- IV. Population cible
 1. Critères d'inclusion
 2. Critères d'exclusion
 3. Echantillon
- V. Méthodes de l'étude
 1. Collecte des données
- VI. Déroulement de l'étude
- VII. Analyse statistique

RESULTATS

- I. Caractéristiques sociodémographiques des participants
 1. Nombre des participants par groupe
 2. Age
 3. Sexe
 4. Pays
- II. Description et analyse bi-variée des résultats des exercices
 1. Module anti-tremblement
 2. Module capsulorhégis
 3. Module phacoémulsification
 4. Etape aspiration et irrigation des masses cristalliniennes
- III. Commentaires et suggestions d'améliorations proposées par les participants

DISCUSSION

- I. Historique de la chirurgie de cataracte
- II. Les méthodes de formation médicale
 1. Le préceptorat clinique
 2. Le compagnonnage traditionnels et ses difficultés
 3. La simulation
- III. Les moyens d'apprentissage de la chirurgie de cataracte
 1. Modèle animal et œil artificiel
 2. Simulateur de chirurgie de cataracte
 3. Présentation du didacticiel Eyesi simulateur pour le module cataracte
- IV. Analyse des résultats
 1. Taux de réponse
 2. Caractéristiques sociodémographiques des participants
 3. Validité de construction des modules
- V. Les limites de l'étude

RECOMMANDATIONS

CONCLUSION

ANNEXES

RESUMES

BIBLIOGRAPHIE



INTRODUCTION



Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

A l'échelle mondiale, 20 millions de personnes sont opérées de la cataracte chaque année, ce qui en fait l'une des chirurgies les plus courantes dans le monde (1). La phacoémulsification qui a été inventée il y a déjà 50 ans par Charles Kelman (2), reste à ce jour la technique chirurgicale de référence pour la cataracte (1)(3).

Cette microchirurgie comporte plusieurs étapes (incision, capsulorhexis, phacoémulsification réalisée grâce à une sonde à ultrasons associée à un système d'irrigation-aspiration et injection de l'implant). Chacune de ces étapes est aussi complexe que l'autre ; nécessitant donc une longue courbe d'apprentissage pour les ophtalmologistes en formation afin d'acquérir des gestes sûrs et précis.(4)

Son apprentissage pratique se fait le long du cursus de formation d'un résident en ophtalmologie; en se basant sur les méthodes classiques de démonstration et de compagnonnage. Cet apprentissage est difficile et non dénué de risques pour le patient(5), et cela ne peut plus être une option éthiquement et économiquement acceptable pour notre pratique médicale moderne.

Ces dernières années en basant sur cet adage << **jamais la 1^{ère} fois sur un patient**>> la communauté médicale a bénéficié des avancées technologiques qui simulent des environnements chirurgicaux(6). Les ophtalmologistes ont désormais accès à des systèmes de réalité virtuelle disponibles dans le commerce, notamment le simulateur chirurgical ophtalmique Eyesi (VRMagic, Mannheim, Allemagne). Un moyen qui a permis de raccourcir la courbe d'apprentissage des habiletés techniques et gestuelles et diminuer les risques de traumatismes iatrogènes (7)

« Mieux former pour mieux opérer », c'est avec cet objectif que la simulation chirurgicale a été introduite dans les sciences médicales, mais aussi à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Marrakech et au service d'ophtalmologie de Marrakech, une méthode pédagogique incontournable pour tous les professionnels de santé, aussi bien dans la formation initiale que le développement professionnel continu.

L'étude traitée dans ce travail concerne la formation résidentielle en chirurgie ophtalmologique de la cataracte sur simulateur Eyesi, qui a eu lieu au centre de simulation de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Marrakech et qui a succédé à la question suivante :

- Jusqu'à quel point les simulateurs de chirurgie de cataracte sont conformes à la réalité et sont-ils fiables pour l'apprentissage ?

C'est dans cette perspective que nous avons mené cette étude avec l'objectif de :

- Tester la capacité du simulateur Eyesi à discriminer les chirurgiens novices des chirurgiens expérimentés ainsi confirmant sa validité.



PATIENS ET METHODES



I. Type d'étude :

Etude prospective, qui avait porté sur une analyse descriptive transversale et comparative des fiches (annexe 1) remplis par les résidents d'ophtalmologie, ayant bénéficié de la formation sur le simulateur de chirurgie de cataracte Eyesi.

II. Période d'étude :

Notre étude s'est déroulée du 11 Octobre 2021 au 10 janvier de l'année 2022.

III. Lieu de la formation.

L'étude s'est déroulée au centre de simulation et d'innovation en sciences de la santé (CSISS) au sein de la faculté de médecine et de pharmacie de Marrakech (fmpm). (Figure1).

C'est un département de pédagogie innovant de l'Université Cadi Ayyad, crée dans le cadre de « la cité de l'innovation ». Il se concentre sur la pédagogie médicale en utilisant l'enseignement basé sur les technologies numériques et la simulation. Il cible les formations médicales initiale, spécialisée et continue (8) (annexe 2)



Figure 1: Le Centre de Simulation et d'Innovation en Sciences de la Santé (CSISS) de la Faculté de médecine et de pharmacie de Marrakech.

IV. Population cible

Nous avons ciblé dans cette étude les résidents du service d'ophtalmologie du CHU Mohammed 6 de Marrakech.

1. Critères d'inclusion

Nous avons inclus dans notre étude les résidents d'ophtalmologie de 1^{ère}, 4^{ème} et 5^{ème} année consentants ayant assisté à cette formation et répondu au questionnaire.

2. Critères d'exclusion

Les résidents de 2^{ème} et 3^{ème} année

Les résidents qui n'ont pas rempli la fiche.

3. Echantillon

En fonction de nos critères d'inclusion, l'échantillon de notre étude a été constitué de 22 résidents du service d'ophtalmologie qui ont été répartis en 3 groupes, en fonction de leur niveau d'expérience :

- **Groupe Novice** ;composé de **08 résidents en 1^{ère} année**, n'ayant jamais opéré de cataracte.
- **Groupe intermédiaire** :composé de 9 résidents en 4^{ème} année.
- **Groupe expert** :composé de 5 résidents de **5^{ème} année** en fin de cursus.

V.Méthodes de l'étude.

1. Collecte des données.

Les données ont été collectées à l'aide d'une fiche délivrée lors de la première séance, composée de trois parties. La première partie est dédiée aux caractéristiques sociodémographiques des participants, la deuxième partie est dédiée à la formation chirurgicale sur le simulateur Eyesi, composée au total de 24 exercices, où les participants notent les résultats des paramètres obtenus pour chaque exercice effectué des 4 modules étudiés.

La 3^{ème} partie du questionnaire comportait des commentaires libres et des questions ouvertes.

2. Variables de l'étude

1.1. Variables sociodémographiques :

- Année de résidanat
- Age
- Sexe
- Pays

1.2. Variables explorant la formation chirurgicale sur le simulateur Eyesi.

1.2.1. Variables des Modules étudiés :

- Module anti-tremblement : comprend 7 exercices
- Module capsulorhéxis : comprend 4 exercices
- Module de phacoémulsification : comprend 8 exercices
- Module d'irrigation aspiration : comprend 5 exercices

1.2.2. Variables des paramètres enregistrés pour chaque exercice.

- **Variables qualitatives :**

- Tâche achevée
- Temps
- Utilisation des instruments
- Traitement des tissus

Ces variables ont été notées par le logiciel du simulateur Eyesi selon 5 mentions :excellent / bon / moyen / mauvais / en échec.

- **Variable quantitative :**

- Le score final : noté par le logiciel Eyesi sur 100 (/100).

1.3. Variables explorant les commentaires et suggestions des participants.

Il s'agissait d'un espace où les participants décrivaient les points forts de la formation et les difficultés rencontrées lors de la séance, et aussi des éventuelles propositions pour l'amélioration.

VI. Matériel d'étude.

Nous avons utilisé le simulateur « EyeSi Ophthalmic Surgical Simulator » (VRMagic, Mannheim, Germany, version 2.4) C'est le système le plus répandu et le plus étudié. Il combine une interface en réalité virtuelle en 3D et une machine qui reproduit l'installation au bloc opératoire (Figure 2).



Figure 2: simulateur de réalité virtuelle Eyesi.

Sa plate-forme est équipée d'une interface de chirurgie qui comprend :

- une tête en plastique avec un modèle d'œil, qui peut pivoter et tourner lorsqu'on le manipule,
- Un microscope binoculaire doté des systèmes mécaniques et optiques de Haag-Streit. Le microscope offre une visualisation stéréo précise de la simulation chirurgicale.
- l'ensemble des instruments, de taille et poids réels, nécessaires à la chirurgie de la cataracte :

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

- sonde à phacoémulsification et à irrigation-aspiration,
 - micromanipulateur,
 - cystitome,
 - pince à capsulorhexis et canule d'injection de viscoélastique),
- deux pédales une commandant la pièce à main et une commandant le microscope
- une interface OR machine, qui permet la modification des paramètres phaco.
- un logiciel générant et analysant la simulation, Celui-ci crée une image virtuelle stéréoscopique à travers les oculaires du microscope quand les instruments sont insérés dans l'œil. Un système « eye tracker » capture les mouvements des instruments dans l'œil ainsi que les réactions biomécaniques des tissus.

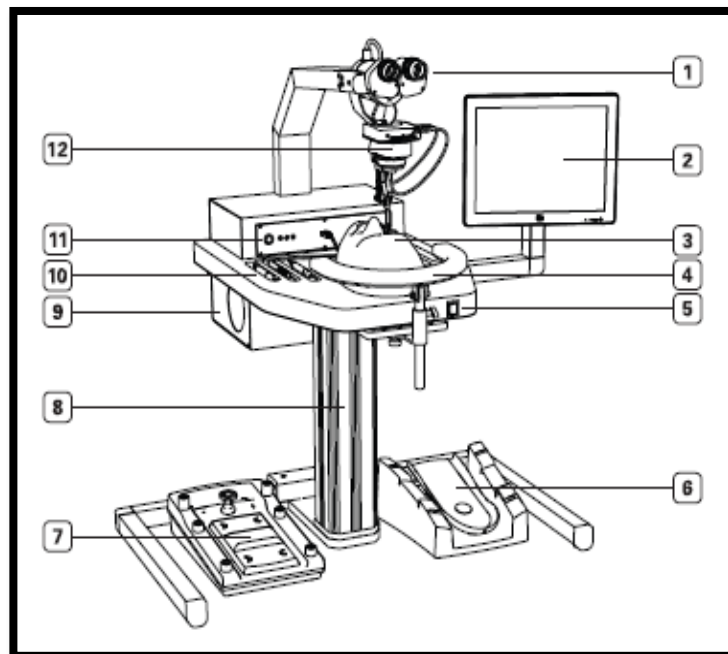


Figure 3: les composantes du simulateur Eyesi.

1. le microscope binoculaire
2. Ecran tactile
3. Tête d'interface chirurgicale pour cataracte
4. Repose poignet
5. Table d'opération réglable
6. Pédale pour instrument
7. Pédale pour microscope
8. Colonne de levage
9. PC Simulateur
10. 3 Instruments de couleur différents : le jaune, le bleu et le rouge.



Figure 4: tête de simulateur Eyesi, permettant de réaliser la chirurgie en supérieur ou en temporal.



Figure 5: les instruments du simulateur Eyesi, avec de gauche à droite la sonde d'irrigation aspiration, la pince à capsulorhéxis et la pince à main.

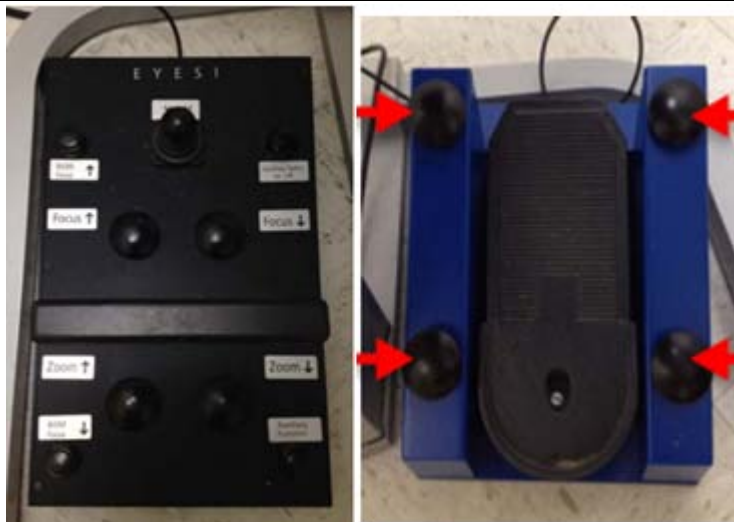


Figure 6: les deux pédales du simulateur Eyesi. à droite commande la pièce à main et à gauche commande le microscope optique.

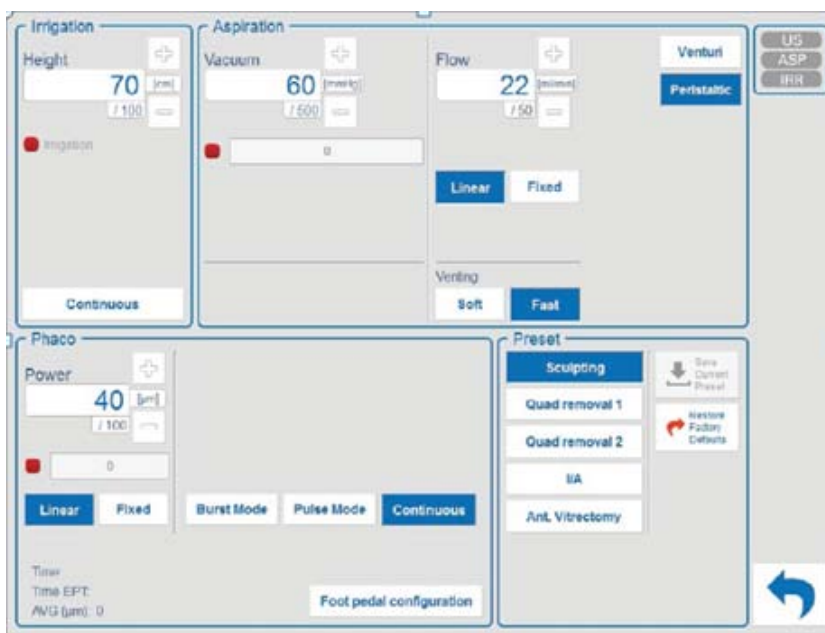


Figure 7: Interface OR machine, qui permet la modification des paramètres phaco.

Seul un logiciel de simulation de chirurgie de la cataracte a été installé sur notre simulateur.

Ce simulateur propose différents modules de formation comportant des exercices de difficulté croissante. Une note est délivrée à chaque fin d'exercice allant de 0 à 100 dépend de quatre paramètres: tâche achevée (réalisation de l'exercice avec succès et dans sa totalité), le temps de réalisation de l'exercice, utilisation des instruments (fermeture et horizontalisation des

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

instruments lors de leur insertion ou retrait et temps de chirurgie sans irrigation active) et traitement des tissus (capacité à ne faire aucune lésion cornéenne, irienne ou capsulaire).

Ainsi, il permet de générer un profil de progression, est d'extraire sous format PDF via une clé USB.

VII. Déroulement de l'étude

Quatre modules essentiels à l'apprentissage de la chirurgie de cataracte ont été sélectionnés pour cette étude:

- Module anti-tremblement du Basic skills training
- 3 modules spécifiques à la chirurgie de cataracte par phacoémulsification : le capsulorhexis, la phacoémulsification et l'aspiration des masses cristalliniennes.

Chaque participant a réalisé tous les exercices des 4 modules, au cours de la même session. Les exercices étaient de difficulté croissante et ont été effectués dans le même ordre par tous.

La description détaillée de ces exercices est résumée dans le tableau 1.

Tableau I: description des exercices sélectionnés sur le simulateur Eyesi.

Etape 1 : module anti-tremblement

Niveau 1

Niveau 2

Niveau 3

Niveau 4

Niveau 5

Niveau 6

Niveau 7

Etape 2 : Capsulorhexis

Exercice 1 : réalisation d'un capsulorhexis à l'aide d'un cystitome et d'une pince à capsulorhexis (difficulté standard)

Exercice 2 : finesse et fragilité de la capsule antérieure mimant une pseudoexfoliation capsulaire

Exercice 3 Réaliser un capsulorhexis sur Cataracte blanche

Exercice 4 Réaliser un capsulorhexis sur Cataracte blanche à cortex liquéfié

Etape 3 : phacoémulsification et cracking :

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Exercice 1 :	aspiration d'un quartier du noyau cristallinien à l'aide de la sonde à phacoémulsification et du micromanipulateur
Exercice 2 :	aspiration des 4 quartiers prédécoupés du noyau cristallinien
Exercice 3 :	Cracking du noyau cristallinien en 2, à l'aide du micromanipulateur et de la sonde à phacoémulsification, 1 sillon central ayant été au préalable déjà réalisé par le simulateur
Exercice 4 :	cracking du noyau cristallinien en 4, les 2 sillons étant déjà réalisés
Exercice 5 :	réalisation de 2 sillons perpendiculaires à l'aide de la sonde à phacoémulsification, cracking du noyau en 4 quartiers et aspiration successive de ces 4 quartiers à l'aide de la sonde à phacoémulsification. La cataracte est de densité standard.
Exercice 6 :	idem que l'exercice 5 (la cataracte est de densité supérieure: noyau dur)
Exercice 7 :	idem que l'exercice 5 (la cataracte est de densité inférieure: noyau mou)
Exercice 8 :	réalisation à l'aide de la sonde à phacoémulsification d'un sillon central puis cracking en 2 du noyau
Etape 4 : Irrigation-aspiration	
Exercice 1 :	aspiration à l'aide d'une sonde d'irrigation-aspiration, d'une masse cristallinienne peu adhérente
Exercice 2 :	aspiration de masses nombreuses, fragiles et très adhérentes à la capsule postérieure
Exercice 3 :	la capsule entière est recouverte de cortex. pour l'ablation subincisionnelle du cortex, utilisez un instrument coudé ou en forme de J.
Exercice 4 :	Toute la capsule est recouverte des masses cristalliniennes plus fin et moins visible.
Exercice 5 :	Aspiration des masses cristalliniennes avec des fibres zonulaires qui sont très faibles dans le quadrant supéro nasal.

Un seul investigateur a supervisé toutes les sessions sur simulateur. Toutes les consignes ont été données oralement à partir d'un document écrit afin de s'assurer que les mêmes informations aient été données à tous les participants. Ils pouvaient également visionner la démonstration vidéo du simulateur en cas de mauvaise compréhension de l'exercice.

Avant de noter les résultats, les participants ont réalisé un premier essai de chaque exercice afin de se familiariser avec le simulateur.

Ensuite, à la fin de chaque exercice, les scores de performance obtenus pour chacun des paramètres ont été enregistrés (tâche achevée, temps, utilisation des instruments, traitement des tissus et le score final) sur le questionnaire.



Figure 8: déroulement des séances de simulation sur le simulateur Eyesi au centre de simulation et d'innovation en sciences de la santé (CSISS) de la Faculté de médecine et de pharmacie de Marrakech.

VIII. Analyse statistique :

Les données ont été saisies et codées sur Excel, Puis l'analyse statistiques a été réalisée à l'aide du logiciel d'analyse statistique SPSS (Statistical Package for Social Sciences (SPSS) for Windows, version 28.0 (SPSS, Inc., Chicago)).

Les variables qualitatives ont été décrites en pourcentage et les variables quantitatives en médianes et quartiles (Q1 et Q3).

On a utilisé le test non paramétrique de Kruskal–Wallis pour comparer les variables quantitatives. Une valeur de $p < 0,05$ a été considérée comme significative.

La validité de construction pour un exercice donné, était établie si le score médian des experts était statiquement supérieur à celui des intermédiaire, qui à son tour était supérieur à celui des novices.



RESULTS



I. Caractéristiques sociodémographiques des participants :

1. Nombre des participants:

Notre étude avait porté sur 22 résidents du service d'ophtalmologie, soit un taux de réponse de 100%, répartis sur trois groupes : 8 résidents de groupe novices, 9 de groupe intermédiaires et 5 de groupe experts (figure 9).

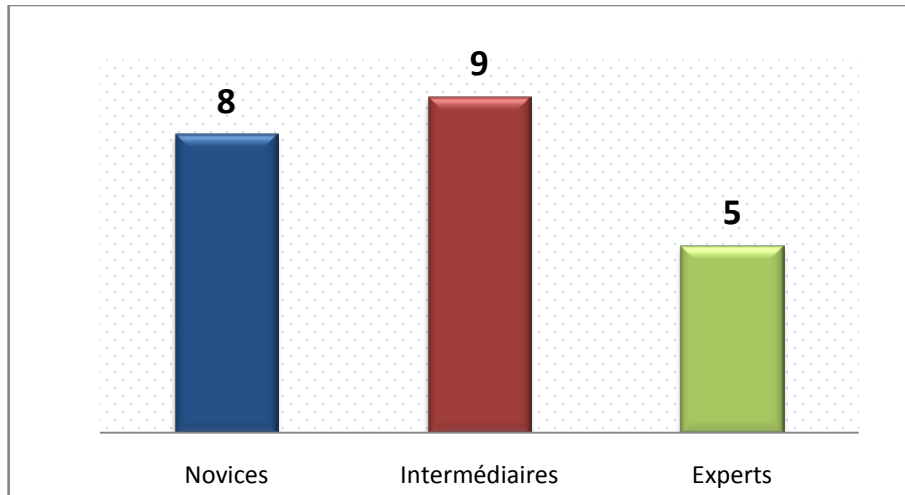


Figure 9: Répartition des participants selon leur année de résidanat.

2. Age :

La moyenne d'âge des participants était de 30,18 ans avec des extrêmes allant de 25 ans à 51 ans.

3. Sexe :

On a eu une prédominance du sexe féminin (59%) par rapport au sexe masculin (41%).

Le sexe ration (H/F) était de 0,69. (Figure 10)

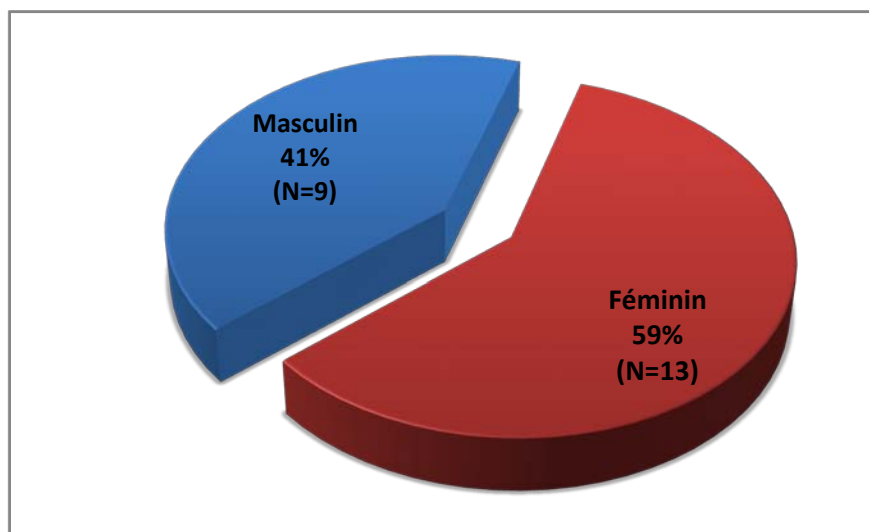


Figure 10: Répartition des participants en fonction du sexe.

4. Pays :

La majorité des participants était des résidents marocains, avec la participation de 3 résidents de nationalité étrangère (figure 11).

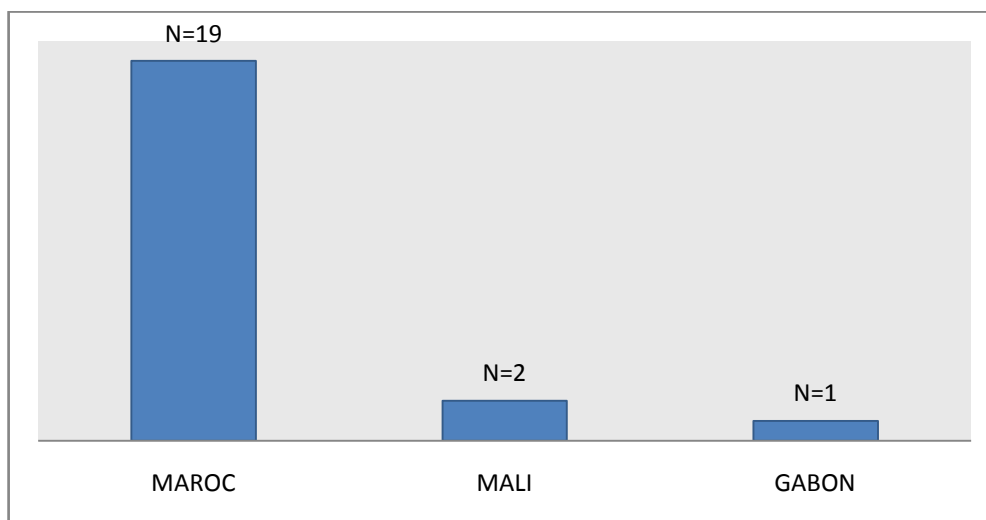


Figure 11: Répartition des participants selon leurs nationalités.

II. Description et analyse bi- variée des résultats des exercices.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

1. Module anti tremblement :

Les résultats de l'exercice 1 du ce module sont présentés dans le tableau 2, les 2 groupes expérimentés avaient surpassé le groupe des novices et que 100% des experts avaient obtenu une mention « excellent » dans la plupart des paramètres avec une médiane de score final élevée, soit 96/100 (Q1=95,5, Q3=96,5) et une p statistiquement significative ($p < 0,001$).

Cependant, les novices avaient eu un taux d'échec de 62,5% dans le paramètre « utilisation des instrument » et un taux de complication important dans le paramètre « traitement des tissus ».

Tableau II: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 1 du module anti tremblement.

Exercice 1 :	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	62,5	100	100	
Bon	37,5	0	0	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	44,44	80	
Bon	25	44,44	20	
Moyen	25	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	0	11,1	100	
Bon	12,5	77,77	0	
Moyen	12,5	11,11	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	62,5	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	12,5	88,88	100	
Bon	25	11,11	0	
Moyen	25	0	0	
Mauvais	37,5	0	0	
En échec	0	0	0	
Score final (/100)	10,50 (0-54,5)	88 (82-91)	96 (95,5-96,5)	<,001

Les résultats de l'exercice 2 du ce module sont indiqués dans le tableau 3. Les experts et les intermédiaires avaient achevé avec excellence la tâche contre 62,5% chez les novices.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Les experts étaient tous efficaces en terme de temps par rapport aux 2 autres groupes moins expérimentés.

L'utilisation des instruments était excellente chez 80% des experts, versus 11,11% chez les intermédiaires et 0% chez les novices qui avaient eu un taux d'échec de 62,5%.

Le taux de complications était de 25% chez les novices, alors que les intermédiaires et les experts avaient traité les tissus avec excellence (respectivement 77,77% et 80%).

Les experts avaient eu une médiane du score final de 96/100 (Q1=94,5, Q3=97) significativement plus élevée ($p < 0,001$) par rapport aux autres groupes.

Tableau III: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 2 du module anti tremblement.

Exercice 2	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	62,5	100	100	
Bon	25	0	0	
Moyen	12,5	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Temps				
Excellent	0	33,33	100	
Bon	37,5	55,55	0	
Moyen	37,5	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	0	11,1	80	
Bon	25	66,66	20	
Moyen	12,5	22,22	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	62,5	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	25	77,77	80	
Bon	25	22,22	20	
Moyen	12,5	0	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	25	0	0	
Score final (/100)	38 (18,5-61)	90 (80-95,5)	96 (94,5-97)	<0,001

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Les résultats de l'exercice 3 du ce module sont présentés dans le tableau 4. Tous les experts avaient achevé la tâche avec excellence, versus 77,77% chez les intermédiaires et 50% chez les novices.

La durée de réalisation de l'exercice était excellente chez 60% des experts, 55,55% des intermédiaires avaient une bonne durée et 62,5% des novices avaient une durée moyenne.

Le taux d'échec d'utilisation des instruments était prédominant chez les novices (50%).

Les trois groupes avaient mieux traité les tissus avec une mention « excellent » chez tous les experts contre 77,77% chez les intermédiaires et 75% chez les novices.

Les experts avaient obtenu une médiane de score final de 96/100 (Q1=93,5, Q3=96,5) plus élevée que les intermédiaires et les novices avec une p très significative <0,001.

Tableau IV: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 3 du module anti tremblement.

exercice 3 :	Novices	Intermédiaires	Experts	P*
--------------	---------	----------------	---------	----

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

	% , med (Q1–Q3)	% , med(Q1–Q3)	% , med (Q1–Q3)	
Tâche achevée				
Excellent	50	77,77	100	
Bon	50	22,22	0	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Temps				
Excellent	0	33,33	60	
Bon	12,5	55,55	40	
Moyen	62,5	11,11	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	25	44,4	100	
Bon	0	44,4	0	
Moyen	12,5	11,1	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	50	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	75	77,77	100	
Bon	25	22,22	0	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Score final (/100)	41,5 (7,5–66)	90 (79,5–94)	96 (93,5–96,5)	<0,001

Pour les résultats de l'exercice 4 (tableau 5), 100% des experts et des intermédiaires avaient achevé la tâche avec excellence, versus 75% des novices.

Pour la durée de la réalisation de l'exercice, les experts étaient plus efficaces en terme de temps que les 2 autres groupes avec une mention « excellent » majoritaire à 80%.

Tous les experts et les intermédiaires avaient une excellence traitement des tissus contre 62,5% chez les novices.

Les experts avaient obtenu une médiane du score final statistiquement significative ($p < 0,001$) plus élevé que les groupes moins expérimentés, soit 94/100 (Q1=92, Q3=95,5).

Tableau V: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 4 du module anti tremblement.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Exercice 4	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	75	100	100	
Bon	25	0	0	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Temps				
Excellent	0	33,33	80	
Bon	50	44,44	20	
Moyen	50	22,22	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	0	33,33	60	
Bon	12,5	44,44	40	
Moyen	12,5	22,22	0	
Mauvais	37,5	0	0	
En échec	37,5	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	62,5	100	100	
Bon	25	0	0	
Moyen	12,5	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Score final (/100)	57 (40,75-77)	90 (82-96)	94 (92-95,5)	<0,001

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Pour les résultats de l'exercice 5 présentés dans le tableau 6, les experts avaient des résultats supérieurs aux intermédiaires qui avaient eux-mêmes des résultats supérieures aux novices dans tous les paramètres.

Les experts avaient obtenu une médiane de score final de 93/100(Q1=89,5, Q3=97) plus élevée que les 2 autres groupes moins expérimentés avec une p très significative <0,001.

Tableau VI: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 5 du module anti tremblement.

Exercice 5	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	87,5	100	100	
Bon	0	0	0	
Moyen	12,5	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Temps				
Excellent	25	44,44	60	
Bon	50	33,33	40	
Moyen	12,5	22,22	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	12,5	44,44	80	
Bon	12,5	44,44	20	
Moyen	37,5	11,11	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	25	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	62,5	88,88	100	
Bon	25	11,11	0	
Moyen	12,5	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Score final (/100)	61,5 (45-74,5)	78 (75-90)	93 (89,5-97)	<0,001

Les résultats de l'exercice 6 sont indiqués dans le tableau 7. Les experts avaient surpassé les 2 autres groupes moins expérimenté et avaient eu une mention excellente majoritaire dans tous les paramètres, alors que 50% des novices avaient eu du mal à manipuler les instruments.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Chez les experts la médiane du score final était de 92/100 (Q1=90,5, Q3=94,5) significativement plus élevée que les 2 autres groupes moins expérimentés ($p < 0,001$).

Tableau VII: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 6 du module anti tremblement.

Exercice 6	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	62,5	88,88	100	
Bon	25	11,11	0	
Moyen	12,5	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	44,44	60	
Bon	37,5	33,33	40	
Moyen	37,5	22,22	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	0	0	60	
Bon	37,5	66,66	40	
Moyen	0	33,33	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	50	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	75	88,88	80	
Bon	25	11,11	20	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Score final (/100)	53,5 (31-73,5)	86 (70,5-88)	92 (90,5-94,5)	<0,001

Pour l'exercice 7 (tableau 8), les chirurgiens expérimentés de la cataracte avaient surpassé les intermédiaires et les novices dans plusieurs paramètres, y compris la tâche achevée, le temps, l'utilisation des instruments et le traitement des tissus. De même pour le score final qui était meilleur chez les experts, soit une médiane de 93/100 (Q1=91, 95,5) statistiquement significative ($p < 0,001$).

Cependant, les novices avaient eu un taux d'échec d'utilisation des instruments de 62,5%.

Tableau VIII: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 7 du module anti tremblement.

Exercice 7	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	75	100	100	
Bon	25	0	0	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	33,33	60	
Bon	50	66,66	40	
Moyen	25	0	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	0	100	60	
Bon	12,5	0	40	
Moyen	25	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	62,5	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	87,5	88,88	100	
Bon	12,5	11,11	0	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Score final (/100)	57 (34,5-80)	88 (82,5-91)	93 (91-95,5)	<0,001

Donc pour les 7 exercices du module anti-tremblement, Les experts ont obtenu des scores significativement supérieurs aux 2 autres groupes $P < 0,001$. Ils ont achevé avec excellence toutes les tâches des exercices et ils ont été plus efficaces en termes de temps avec une meilleure utilisation des instruments et conservation des tissus par rapport aux intermédiaires qui étaient eux même supérieures aux novices. Ces derniers ont causé plus de dégâts tissulaires et un taux d'échecs de manipulation des instruments toujours plus élevés.

2. Module capsulorhéxis

Les résultats de l'exercice 1 de ce module sont indiqués dans le tableau 9. Aucun novice n'avait achevé la tâche avec succès et dans sa totalité, versus 55,55% chez les intermédiaires et 80% chez les experts.

A propos du temps, 60% des experts avaient eu la mention excellente, 44% chez les intermédiaires et 25% chez les novices. Le taux des complications était majoritaire chez les novices (50% en échec) contre une meilleure conservation des tissus chez les 2 autres groupes.

Les experts avaient une médiane de score final de 94/100 (Q1=91, Q3=94,5) plus élevée que les intermédiaires, soit 90/100 (Q1=84, Q3=92,5) et les novices, soit 31/100 (Q1=0,5, Q3=48,25) avec une p très significative <0,001.

Tableau IX: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 1 du module capsulorhéxis.

Exercice 1	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	55,55	80	
Bon	25	44,44	20	
Moyen	37,5	0	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	25	0	0	
Temps				
Excellent	25	44,44	60	
Bon	12,5	44,44	40	
Moyen	37,5	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	0	22,22	80	
Bon	50	77,77	20	
Moyen	37,5	0	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	0	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	0	55,55	60	
Bon	25	44,44	40	
Moyen	25	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	50	0	0	
Score final (/100)	31 (0,5-48,25)	90 (84-92,5)	94 (91-94,5)	<0,001

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Les résultats de l'exercice 2 sont présentés dans le tableau 10. Aucun participant du groupe novice n'avait terminé avec excellence la tâche, tandis que 33,33% des intermédiaires et 60% des experts l'avaient terminé avec excellence.

A propos du temps, les experts avaient eu une durée meilleure que les moins expérimentés (60% bon chez les experts, versus 55,55% chez les intermédiaires et 12,5% chez les novices).

Le taux de complication était plus marqué chez les novices avec un taux d'échec de 37,5% à l'opposé des autres groupes qui avaient eu des meilleures notes.

Les experts avaient obtenu une médiane de score final de 90/100 (Q1=88,5, Q3=95) plus élevée que les intermédiaires, soit 86/100 (Q1=84, Q3=88,5) eux même avaient eu un score médian élevé que les novices, soit 25,5/100 (Q1=0, Q3=41) avec une p très significative <0,001.

Tableau X: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 2 du module capsulorhéxis.

Exercice 2	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	33,33	60	
Bon	12,5	66,66	40	
Moyen	37,5	0	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	37,5	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	33,33	40	
Bon	12,5	55,55	60	
Moyen	62,5	11,11	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	12,5	55,55	80	
Bon	50	44,44	20	
Moyen	37,5	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	0	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	12,5	77,77	80	
Bon	12,5	22,22	20	
Moyen	12,5	0	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	37,5	0	0	
Score final (/100)	25,5 (0-41)	86 (84-88,5)	90 (88,5-95)	<0,001

Pour l'exercice 3 (tableau 11), les chirurgiens expérimentés de la cataracte avaient surpassé les intermédiaires et les novices dans plusieurs paramètres, y compris la tâche achevée, le temps, l'utilisation des instruments et le traitement des tissus. De même pour le score final qui était meilleur chez les experts, soit une médiane de 92/100 (Q1=90, 97,5) statistiquement significative ($p < 0,001$).

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Cependant, les novices avaient causé plus de dégât tissulaire et ils avaient eu un taux d'utilisation des instruments en échec de 50% (versus 100% d'excellence chez les experts).

Tableau XI: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 3 du module capsulorhéxis.

Exercice 3	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	66,66	60	
Bon	25	33,33	40	
Moyen	25	0	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	25	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	33,33	40	
Bon	25	55,55	60	
Moyen	25	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	12,5	55,55	80	
Bon	25	44,44	20	
Moyen	37,5	0	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	0	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	0	44,44	100	
Bon	37,5	44,44	0	
Moyen	0	11,11	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	50	0	0	
Score final (/100)	17,5 (0,5-39,5)	88 (82-91,5)	92 (90-97,5)	<0,001

Pour les résultats de l'exercice 4 (tableau 12), aucun participant du groupe novice n'avait terminé avec excellence la tâche, tandis que 33,33% des intermédiaires et 80% des experts l'avaient terminé avec excellence.

60% des experts avaient terminé l'exercice avec un excellent timing versus 44,44% chez les intermédiaires et 0% chez les novices.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Le taux de complication était plus marqué chez les novices avec un taux de mention « mauvais » de 75% par rapport aux groupes plus expérimentés qui avaient eu des meilleures notes.

Les experts avaient obtenu une médiane de score final de 94/100 (Q1=91,5, Q3=97,5) plus élevée que les intermédiaires 89/100 (Q1=72, Q3=92) eux même avaient eu un score médian élevé que les novices 10,5/100 (Q1=0,75, Q3=40,75) avec une p très significative <0,001

Tableau XII: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 4 du module capsulorhéxis.

Exercice 4	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	33,33	80	
Bon	50	66,66	20	
Moyen	25	0	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	25	0	0	
Temps				
Excellent	0	44,44	60	
Bon	25	33,33	40	
Moyen	50	22,22	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	0	33,33	80	
Bon	37,5	55,55	20	
Moyen	37,5	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	0	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	12,5	44,44	60	
Bon	0	33,33	40	
Moyen	0	22,22	0	
Mauvais	75	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Score final (/100)	10,5 (0,75-40,75)	89 (72-92)	94 (91,5-97,5)	<0,001

Donc, Pour tous les exercices de ce module, les experts ont obtenu des meilleurs résultats dans les différents paramètres étudiés, y compris la tâche achevée, le temps, la manipulation des

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

instruments, le traitement des tissus et le score final qui était significativement meilleur que les 2 autres groupes moins expérimentés $p < 0,001$.

Alors que, les novices ont eu un taux de complication plus important, une difficulté à achever les tâches, à manipuler les instruments et ils ont eu besoin de plus de temps pour terminer chaque exercice.

3. Module phacoémulsification :

Les résultats de l'exercice 1 de ce module sont indiqués dans le tableau 13. 80% des experts avaient obtenu une mention excellente tandis que le reste avait eu une mention bien dans tous les paramètres étudiés. Cependant, la majorité des intermédiaires (66,66%) avaient achevé avec excellence l'exercice avec un bon timing (66,66%), une bonne utilisation des instruments (44,44%) et un bon traitement des tissus (55,55%). Par contre, 37,5% des novices n'avaient pas pu achever la tâche avec un taux d'échec de traitement des tissus de 50%.

Les experts avaient obtenu une médiane de score final plus élevée, soit 93/100 (Q1= 91, Q3=98,5), versus 80/100 (Q1=71,5, Q3=85) chez les intermédiaires et 0/100 (Q1=0, Q3=43,5) chez les novices avec une p très significative ($p < 0,001$).

Tableau XIII: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 1 du module phacoémulsification.

exercice 1 :	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	12,5	66,66	80	
Bon	25	33,33	20	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	15	0	0	
En échec	37,5	0	0	
Temps				
Excellent	0	11,11	80	
Bon	25	66,66	20	
Moyen	25	22,22	0	
Mauvais	37,5	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	12,5	22,22	80	
Bon	37,5	44,44	20	
Moyen	25	33,33	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	0	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	0	33,33	80	
Bon	25	55,55	20	
Moyen	12,5	11,11	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	50	0	0	
Score final (/100)	0 (0-43,5)	80 (71,5-85)	93 (91-98,5)	<0,001

Pour les résultats de l'exercice 2 présentés dans le tableau 14, 80% des experts avaient achevé avec excellence la tâche contre 44,44% chez les intermédiaires et 0% chez les novices qui avaient eu un taux d'échec important (50%).

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

A propos du « temps », tous les experts avaient réalisé l'exercice avec un excellent timing alors que 44,44% des intermédiaires avaient eu une mention bien et que 25% des novices partageaient ce pourcentage en mention excellent, bon et en échec.

Pour l'utilisation des instruments, 60% des experts les utilisaient parfaitement versus 33,33% et 12,5% respectivement chez les intermédiaires et les novices.

Pour le traitement des tissus, les novices avaient eu un taux d'échec de 62,5% contre 0% chez les 2 groupes plus expérimentés.

Les experts avaient obtenu une médiane de score final de 94/100 (Q1= 91, Q3=98) plus élevée que les intermédiaires, soit 70/100 (Q1= 58, Q3=89,5) et les novices, soit 4/100 (Q1=0, Q3=25), avec une p très significative ($p < 0,001$).

Tableau XIV: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 2 du module phacoémulsification.

Exercice 2 :	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	44,44	80	
Bon	12,5	44,44	20	
Moyen	12,5	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	50	0	0	
Temps				
Excellent	25	33,33	100	
Bon	25	44,44	0	
Moyen	12,5	22,22	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	25	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	12,5	33,33	60	
Bon	37,5	55,55	40	
Moyen	12,5	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	12,5	22,22	80	
Bon	0	33,33	20	
Moyen	0	22,22	0	
Mauvais	25	22,22	0	

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

En échec	62,5	0	0	
Score final (/100)	4 (0-25)	70 (58-89,5)	94 (91-98)	<0,001

Pour l'exercice 3 (tableau 15), 80% des experts avaient achevé la tâche avec excellence (20% bon) versus 55,55% chez les intermédiaires (44,44% bon) et 12,5% chez les novices qui avaient eu un taux important d'une mauvaise réalisation de l'exercice de 37,5% et 25% en échec.

Pour la durée de la réalisation de l'exercice, 80% des experts avaient eu une durée excellente alors que 55,55% des intermédiaires et 50% des novices avaient eu une bonne durée.

60% des experts avaient eu une excellente utilisation des instruments (40% bon), alors que le pourcentage de la mention bon était majoritaire chez les intermédiaires (66,66%) et chez les novices (50%).

Les experts avaient mieux conservé les tissus avec un taux de 60% d'excellence et 40% bon. Tandis que 55,55% des intermédiaires avaient bien traité les tissus et que les novices avaient eu un taux d'échecs majoritaire de 37,5%.

A propos du score final, les experts avaient obtenu une médiane de 90/100 (Q1=89, Q3=97) élevée que les intermédiaires qui avaient eu 75/100 (Q1=67, Q3=84) eux -même avaient eu une médiane de score final élevée que les novices 12,5/100 (Q1=4,25, Q3=59) avec une p très significative ($p < 0,001$).

Tableau XV: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 3 du module phacoémulsification.

Exercice 3 :	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	12,5	55,55	80	
Bon	25	44,44	20	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	37,5	0	0	
En échec	25	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	11,11	80	
Bon	50	55,55	20	
Moyen	0	33,33	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	12,5	11,11	60	
Bon	50	66,66	40	
Moyen	25	22,22	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	0	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	12,5	22,22	60	
Bon	25	55,55	40	
Moyen	25	22,22	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	37,5	0	0	
Score final (/100)	12,5 (4,25-59)	75 (67-84)	90 (89,5-97)	<0,001

Le tableau 16 présente les résultats de l'exercice 4, 80% des experts avaient achevé avec excellence la tâche (20% bon), 44,44% des intermédiaires avaient partagé la mention excellent et bon, pendant qu'aucun novice n'avait réalisé l'exercice avec excellence et que le taux d'échec était de 37,5% chez ce groupe.

A propos du temps, 60% des experts avaient eu une bonne durée de réalisation de l'exercice versus 55,55% chez les intermédiaires et 37,5% chez les novices.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

80% des experts avaient utilisé avec excellence les instruments contre 33,33% chez les intermédiaires et 12,5% chez les novices.

A propos de traitement des tissus les experts et les intermédiaires avaient eu des meilleures notes par rapport aux novices

Les experts avaient eu une médiane de score final de 89/100 (Q1=83, Q3=93) plus élevée que les intermédiaires 78/100 (Q1=72, Q3=83) et les novices 37,5/100 (Q1=0, Q3=59,75) avec une p très significative <0,001.

Tableau XVI: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 4 du module phacoémulsification.

Exercice 4 :	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	44,44	80	
Bon	25	44,44	20	
Moyen	37,5	11,11	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	37,5	0	0	
Temps				
Excellent	0	33,33	40	
Bon	37,5	55,55	60	
Moyen	25	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	12,5	33,33	80	
Bon	25	44,44	20	
Moyen	37,5	11,11	0	
Mauvais	25	11,11	0	
En échec	0	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	12,5	22,22	60	
Bon	12,5	66,66	40	
Moyen	50	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	0	0	0	
Score final (/100)	37,5 (0-59,75)	78 (72,5-83)	89 (83-93)	<0,001

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Les résultats de l'exercice 5 sont indiqués dans le tableau 17. Aucun participant du groupe novice n'avait terminé avec excellence la tâche, tandis que 33,33% des intermédiaires et 80% des experts l'avaient terminé avec excellence.

60% des experts avaient terminé l'exercice avec un excellent timing versus 44,44% chez les intermédiaires et 25% chez les novices.

Le taux de complication était plus marqué chez les novices avec un taux d'échec de 50% et une mauvaise conservation des tissus chez 25% par rapport aux groupes plus expérimentés qui avaient eu des meilleures notes.

Les experts avaient obtenu une médiane de score final de 92/100 (Q1=90,5, Q3=96) plus élevée que les intermédiaires, soit 67/100 (Q1=60,5, Q3=82) eux même avaient eu un score médian élevé que les novices, soit 5/100 (Q1=0, Q3=39,25) avec une p très significative <0,001.

Tableau XVII: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 5 du module phacoémulsification.

Exercice 5 :	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	33,33	80	
Bon	12,5	55,55	20	
Moyen	12,5	11,11	0	
Mauvais	37,5	0	0	
En échec	37,5	0	0	
Temps				
Excellent	25	44,44	60	
Bon	50	22,22	40	
Moyen	0	33,33	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	25	22,22	80	
Bon	37,5	66,66	20	
Moyen	12	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	0	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	0	22,22	60	
Bon	0	44,44	40	

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Moyen	25	33,33	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	50	0	0	
Score final (/100)	5 (0-39,25)	67 (60,5-82)	92 (90,5-96)	<0,001

Pour les résultats de l'exercice 6 indiqués dans le tableau 18, aucun participant des novices n'avait pu achever la tâche avec excellence et que la mention « mauvais » était majoritaire à 37,5% avec un taux d'échec de 25%, tandis que 44,44% des intermédiaires avaient eu la mention « bon » et 60% des experts avaient eu la mention « excellent ».

62% des novices avaient réalisé l'exercice avec un mauvais timing à l'opposé des intermédiaires qui l'avaient réalisé avec un bon temps (55,55%) alors que 80% des experts avaient achevé la tâche avec excellence.

80% des experts avaient eu une excellente utilisation des instruments, alors que les intermédiaires et les novices avaient eu respectivement 22,22% et 12,5%.

Les novices avaient causé plus de dégât tissulaire, soit un taux d'échecs de 25% versus 0% chez les 2 groupes plus expérimentés.

Pour le score final les experts avaient obtenu une médiane de 92/100 (Q1=90, Q3=100) plus élevée que les autres groupes moins expérimentés (71/100 pour les intermédiaires et 0/100 pour les novices) ces résultats étaient très significative ($p < 0,001$).

Tableau XVIII: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 6 du module phacoémulsification.

Exercice 6 :	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	33,33	60	
Bon	25	44,44	40	
Moyen	12,5	22,22	0	
Mauvais	37,5	0	0	
En échec	25	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	44,44	80	
Bon	12,5	55,55	20	
Moyen	12,5	0	0	
Mauvais	62,5	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	12,5	22,22	80	
Bon	25	66,66	20	
Moyen	12,5	11,11	0	
Mauvais	37,5	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	12,5	33,33	80	
Bon	12,5	44,44	20	
Moyen	37,5	22,22	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	25	0	0	
Score final (/100)	0 (0-4,25)	71 (60-81)	92 (90-100)	<0,001

Les résultats de l'exercice 7 sont indiqués dans le tableau 19. Les experts avaient surpassé les 2 autres groupes moins expérimentés et avaient eu une mention excellente majoritaire dans tous les paramètres, alors que la plupart des novices avaient eu du mal à achever l'exercice et que le taux de complication était prédominant à 50%.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Chez les experts la médiane du score final était de 92/100 (Q1=90, Q3=97) significativement plus élevée que les 2 autres groupes ($p < 0,001$).

Tableau XIX: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 7 du module phacoémulsification.

Exercice 7 :	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	22,22	60	
Bon	0	55,55	40	
Moyen	0	22,22	0	
Mauvais	75	0	0	
En échec	25	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	33,33	80	
Bon	37,5	55,55	20	
Moyen	0	11,11	0	
Mauvais	37,5	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	12,5	11,11	60	
Bon	25	77,77	40	
Moyen	25	11,11	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	37,5	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	12,5	11,11	80	
Bon	12,5	66,66	20	
Moyen	0	22,22	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	50	0	0	
Score final (/100)	0 (0-25,25)	64 (58-82)	92 (90-97)	<0,001

Pour les résultats de l'exercice 8 (tableau 20), les experts avaient surpassé les 2 autres groupes moins expérimentés et avaient eu une mention excellente majoritaire dans tous les paramètres, cependant le taux d'échecs était prédominant chez novices.

Chez les experts la médiane du score final était de 89/100 (Q1=88, Q3=94,5) plus élevée que les 2 autres groupes avec une p très significative $< 0,001$.

Tableau XX: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 8 du module phacoémulsification.

Exercice 8 :	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	33,33	60	
Bon	12,5	44,44	40	
Moyen	0	22,22	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	62,5	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	33, 33	60	
Bon	25	44,44	40	
Moyen	25	22,22	0	
Mauvais	37,5	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	0	11,11	80	
Bon	25	77,77	20	
Moyen	25	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	25	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	25	11,11	80	
Bon	37,5	77,77	20	
Moyen	12,5	11,11	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Score final (/100)	2,5 (0,5-25,25)	71 (62,5-86,5)	89 (88-94,5)	<0,001

Dans les huit exercices du module phacoémulsification, on a trouvé que Les experts ont eu des scores significativement plus élevés que les intermédiaires qui ont à leur tour avaient des scores plus élevés que les novices. Ainsi ils ont eu une tendance à réaliser toutes les tâches des exercices avec succès et dans sa totalité avec une meilleure conservation des tissus et manipulation des instruments. De même, ils étaient plus efficaces en termes de temps par rapport aux 2 groupes moins expérimentés.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Pour les novices, les participants ont eu une difficulté à achever toutes les tâches avec un taux de complication important et plus de temps pour accomplir la tâche.

4. Module aspiration et irrigation des masses cristalliniennes

Pour les résultats de l'exercice 1 (tableau 21), tous les experts avaient eu une mention excellente majoritaire dans les différents paramètres. Cependant, la majorité des intermédiaires (55,55%) avaient bien achevé l'exercice avec un bon timing (55,55%), une bonne utilisation des instruments (66,66%) et un excellent traitement des tissus (44,44%). Alors que 62,5% des novices avaient achevé la tâche avec mention « mauvais » et que le reste n'avait pas pu l'achever, en plus, la moitié des novices avaient eu un taux d'échec de traitement des tissus de 50%.

Les experts avaient eu une médiane de score final plus élevée, soit 98/100 (Q1= 95, Q3=100), versus 70/100 (Q1=67,5, Q3=91) chez les intermédiaires et 1/100 (Q1=0, Q3=16) chez les novices avec une p très significative <0,001.

Tableau XXI: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 1 du module aspiration et irrigation des masses cristalliniennes.

Exercice 1	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	33,33	100	
Bon	0	55,55	0	
Moyen	0	11,11	0	
Mauvais	62,5	0	0	
En échec	37,5	0	0	
Temps				
Excellent	0	44,44	100	
Bon	25	55,55	0	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	62,5	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	37,5	33,33	80	
Bon	25	66,66	20	
Moyen	12,5	0	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	0	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	12,5	44,44	80	
Bon	12,5	33,33	20	
Moyen	0	22,22	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	50	0	0	
Score final (/100)	1 (0-16)	70 (67,5-91)	98 (95-100)	<0,001

Les résultats de l'exercice 2 sont présentés dans le tableau 22. Aucun participant du groupe novice n'avait obtenu la mention « excellent » dans les différents paramètres avec un taux important de complication (50% mauvais et 25% en échec). Tandis que les 2 autres groupes plus expérimentés avaient obtenu des meilleures notes et que les résultats des experts dépassaient de loin ceux des intermédiaires avec une médiane du score final de 97/100 (Q1=92,5-Q3=100) très significative ($p < 0,001$).

Tableau XXII: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 2 du module aspiration et irrigation des masses cristalliniennes.

Exercice 2	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	44,44	80	
Bon	37,5	55,55	20	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	37,5	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	66,66	80	
Bon	25	22,22	20	
Moyen	12,5	11,11	0	
Mauvais	37,5	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	0	22,22	80	
Bon	12,5	44,44	20	
Moyen	62,5	33,33	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	25	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	0	33,33	100	
Bon	12,5	22,22	0	
Moyen	12,5	33,33	0	
Mauvais	50	11,11	0	
En échec	25	0	0	
Score final (/100)	0,5 (0-9,25)	70 (66-86)	97 (92,5-100)	<0,001

Les résultats de l'exercice 3 sont indiqués dans le tableau 23. Tous les experts avaient achevé la tâche avec excellence, versus 55,55% mention « bon » chez les intermédiaires et 75% mention « mauvais » chez les novices.

La durée de réalisation de l'exercice était excellente chez 80% des experts, 66,66% chez les intermédiaires et 25% chez les novices.

Les experts avaient mieux conservé les tissus avec un taux de 60% d'excellence, 44,44% chez les intermédiaires, alors que les novices avaient eu un taux d'échecs majoritaire de 50%

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Les experts avaient obtenu une médiane de score final de 94/100 (Q1=90,5, Q3=96) plus élevée que les intermédiaires et les novices avec une p très significative <0,001.

Tableau XXIII: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 3 du module aspiration et irrigation des masses cristalliniennes.

Exercice 3	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	22,22	100	
Bon	0	55,55	0	
Moyen	12,5	22,22	0	
Mauvais	75	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Temps				
Excellent	25	66,66	80	
Bon	37,5	33,33	20	
Moyen	12,5	0	0	
Mauvais	12,5	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	0	33,33	80	
Bon	50	55,55	20	
Moyen	0	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	25	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	0	44,44	60	
Bon	25	33,33	40	
Moyen	25	22,22	0	
Mauvais	0	0	0	
En échec	50	0	0	
Score final (/100)	0 (0-8,50)	76 (66,5-87)	94 (90,5-96)	<0,001

Les résultats de l'exercice 4 sont présentés dans le tableau 24. Tous les experts avaient eu une mention excellente majoritaire dans les différents paramètres. Cependant, la majorité des intermédiaires (55,55%) avaient bien achevé la tâche avec un excellent timing (66,66%), une bonne utilisation des instruments (55,55%) et un bon traitement des tissus (55,55%). Alors que 62,5% des novices avaient achevé la tâche avec mention « mauvais », en plus, la moitié des novices avaient eu un taux d'échec de traitement des tissus de 50%.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Les experts avaient une médiane de score final de 94/100 (Q1= 90,5, Q3=97,5) plus élevée que les 2 autres groupes moins expérimentés avec une p très significative <0,001.

Tableau XXIV: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 4 du module aspiration et irrigation des masses cristalliniennes.

Exercice 4	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	22,22	80	
Bon	12,5	55,55	20	
Moyen	25	22,22	0	
Mauvais	62,5	0	0	
En échec	0	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	66,66	60	
Bon	62,5	33,33	40	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	0	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	12,5	33,33	80	
Bon	37,5	55,55	20	
Moyen	0	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	25	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	12,5	33,33	80	
Bon	0	55,55	20	
Moyen	12,5	11,11	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	50	0	0	
Score final (/100)	0 (0-17,25)	78 (62,5-84,5)	94 (90,5-97,5)	<0,001

Pour les résultats de l'exercice 5 (tableau 25), les experts avaient surpassé les 2 autres groupes moins expérimenté et avaient eu une mention excellente majoritaire dans tous les paramètres, alors que 62,5% des novices avaient eu du mal à manipuler les instruments avec un taux d'échec de traitement des tissus important (62,5%).

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Les experts avaient eu une médiane de score final de 92/100 (Q1=90, Q3=95,5) plus élevée que les intermédiaires 71/100 (Q1=60,5, Q3=79) et les novices 0/100 (Q1=0, Q3=15) avec une p très significative <0,001.

Tableau XXV: comparaison entre les 3 groupes pour l'exercice 5 du module aspiration et irrigation des masses cristalliniennes.

Exercice 5	Novices %, med (Q1-Q3)	Intermédiaires %, med(Q1-Q3)	Experts %, med (Q1-Q3)	P*
Tâche achevée				
Excellent	0	33,33	60	
Bon	25	44,44	40	
Moyen	37,5	22,22	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Temps				
Excellent	12,5	44,44	60	
Bon	25	55,55	40	
Moyen	0	0	0	
Mauvais	50	0	0	
En échec	12,5	0	0	
Utilisation des instruments				
Excellent	0	11,11	80	
Bon	25	66,66	20	
Moyen	12,5	22,22	0	
Mauvais	62,5	0	0	
En échec	0	0	0	
Traitement des tissus				
Excellent	0	11,11	80	
Bon	0	55,55	20	
Moyen	12,5	33,33	0	
Mauvais	25	0	0	
En échec	62,5	0	0	
Score final (/100)	0 (0-15)	71 (60,5-79)	92 (90-95,5)	<0,001

Les résultats de 5 exercices du module aspiration et irrigation des masses cristalliniennes ont trouvé que Les experts ont obtenu des notes supérieures dans les différents paramètres étudiés par rapport aux intermédiaires qui ont obtenu eux-mêmes des notes supérieures aux novices. Avec un score final très significative, soit P<0,001 dans tous les exercices.

Alors que les novices ont eu une difficulté à accomplir toutes les tâches des exercices avec taux de lésion tissulaire plus important.

III. Commentaires et suggestions d'améliorations proposées par les participants

1. Les points forts de l'apprentissage sur simulateur :

Environ 98% des experts et des intermédiaires ont conclu que le simulateur Eyesi est un moyen réaliste d'apprentissage et de maîtrise des étapes de la chirurgie de cataracte suivant un entraînement graduel loin du stress avec une meilleure acquisition de la dextérité. Ceci souligne l'importance du simulateur Eyesi dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

2. Difficultés rencontrés lors de la simulation :

Les principales difficultés rencontrées durant la simulation soulevée par les participants étaient :

- La langue anglaise.
- Contrainte de temps vu la charge du travail des résidents au service.

3. Suggestions d'améliorations proposées par les participants :

Les suggestions et propositions des participants quant à l'amélioration de l'atelier pour une meilleure pratique ont été nombreuses et diverses :

- Initier la simulation de la chirurgie de cataracte dès la 1^{ère} année de résidanat.
- Ajouter une version française au simulateur Eyesi.
- Se procurer plus de simulateurs de chirurgie de cataracte Eyesi pour plus de disponibilité.



DISCUSSION



I. Historique de la chirurgie de cataracte.

➤ Les débuts de cette chirurgie

De nombreux mythes couraient du temps des romains dont un disait que l'abaissement de la cataracte avait été copié des pratiques animales. Une description précise de l'opération fut donnée par le romain Aulus Cornelius Celsus : « On installait le patient dans une pièce lumineuse sur une chaise. L'assistant se mettait derrière lui pour lui maintenir la tête. L'opérateur se plaçait face au patient et opérait l'œil droit avec la main droite et l'œil gauche avec la main gauche. Il introduisait une aiguille (non stérile) dans l'œil à une distance entre le limbe et le canthus externe, perpendiculairement au globe, sur le méridien horizontal. Quand l'aiguille était rentrée dans l'œil, l'opérateur faisait un mouvement de bascule pour faire tomber le cristallin cataracté dans le vitré » (9).

Durant le Moyen Age, les médecins arabes conseillèrent une méthode supplémentaire qui consistait à introduire une aiguille creuse pour aspirer les débris de cristallins : Ammar ibn Ali (médecin arabe irakien) a été le premier à tenter l'extraction de la cataracte par aspiration. Il a inventé une aiguille creuse montée sur une seringue métallique, pour ponctionner la sclérotique et extraire avec succès les cataractes par aspiration (10).

➤ Peu d'évolution

Jusqu'au 17^{ème} siècle, les oculistes et les traités d'ophtalmologie désignaient par le terme de cataracte, une membrane tendue en avant de l'orifice pupillaire « constituée de filets ou toiles qui se forme dans l'humeur aqueuse et qui peu à peu en s'épaississant empêche les rayons de la lumière de pénétrer dans l'œil jusqu'à la rétine » le traitement de la cataracte consistait « à percer l'œil, à rompre la membrane et à l'abaisser dans le bas de l'œil derrière l'iris. L'œil récupère ainsi une vision ».

En 1705 Pierre Brisseau (1631 - 1717), chirurgien à Tournay, avait envoyé une lettre à l'Académie des sciences dans laquelle il affirmait que: « la cataracte est en réalité le cristallin devenue opaque et que lorsqu'on croit abaisser une membrane devant le cristallin, c'est le cristallin que l'on abaisse »(9)

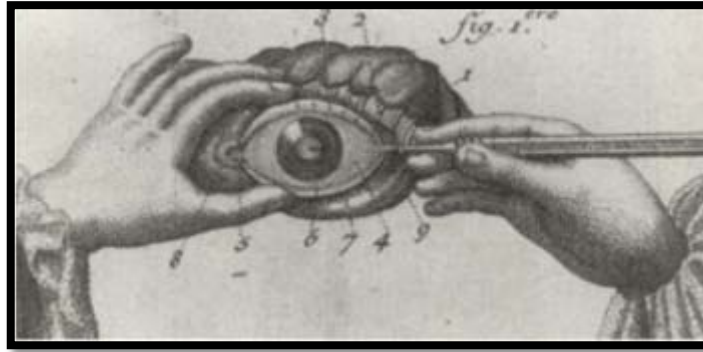


Figure 12: traité de Brisseau(9).

➤ **Une révolution**

En 1748, le chirurgien Français Jaque Daviel (1693 – 1762) était un médecin qui savait pratiquer l'accouchement du cristallin. Il s'entraîna sur des cadavres et sur des animaux, puis passa à l'homme. Il coupa la cornée pour extraire la cataracte, sur environ 180 degrés, dans l'hémi cornée inférieure. Il commençait l'incision avec une spatule large pour élargir ensuite la kératotomie avec des ciseaux (9).

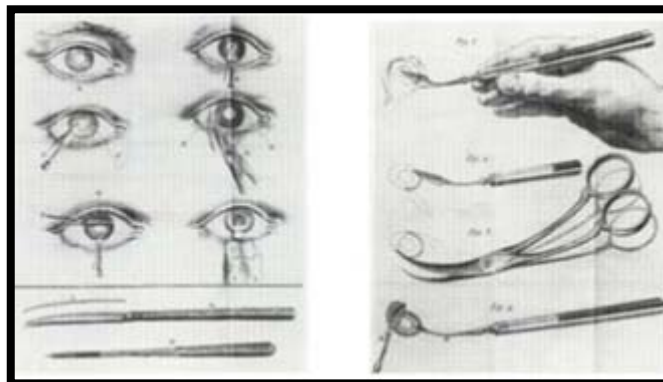


Figure 13: technique de Daviel(9).

Il y avait de nombreuses complications par infection ou par hernie de l'iris. Cette technique était réputée réservée aux chirurgiens habiles : « l'extraction est seulement pour les mains habiles et expérimentées » disait Daviel (9).

➤ Le mode moderne

Friedrich Jaeger améliora la méthode d'extraction en faisant une incision de l'hémi cornée supérieure, ce qui permettait à la paupière supérieure de maintenir en place le volet cornéen, avec moins d'infections et de complications (9).

Albecht von Graefe (1828 - 1870) proposa une incision linéaire périphérique qui fut adoptée par tous les ophtalmologistes.

L'extraction intra capsulaire est restée la technique d'extraction de la cataracte jusqu'au début du 20ème siècle.(11).

Avec l'invention du premier implant en 1949, les chirurgiens se penchaient vers l'extraction extra capsulaire, qui se faisait sans irrigation aspiration et les complications étaient nombreuses, c'est pourquoi cette technique a été délaissée au profit de l'extraction intra capsulaire (12).

En 1970, il y a eu un retour vers l'extraction extra capsulaire du fait de l'apparition de l'irrigation et l'aspiration, et le développement des techniques microchirurgicales dans les années 80: « technique de timbre de poste » puis « technique de l'enveloppe» de Sourdille et Baikoff, puis le capsulorhexie en 1984 par Neuhann et Gimbel avec l'apparition des agents viscoélastiques, et l'élaboration des implants modernes.

La fixation capsulaire a remplacé progressivement la fixation ciliaire du fait du développement des techniques microchirurgicales du capsulorhexis.

Après des essais réalisés sur des cristallins extraits manuellement, Kelman inventa la phacoémulsification (PKE) en 1967 permettant ainsi de fragmenter le cristallin à travers une petite incision (de 2.8 mm à 3 mm) et l'extraire en laissant la capsule postérieure, véritable barrière entre le vitré et le segment antérieur(13). les collapsus de la chambre antérieure furent nombreux.

En début de 1968, Charles Kelman fut introduit une pièce à main plus petite et plus maniable et mis au point une pompe péristaltique permettant d'équilibrer automatiquement l'irrigation et l'aspiration.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Dès 1970 l'appareil KELMAN-CAVITRON était prêt pour la commercialisation. Mais les complications per opératoires arrêtent sa diffusion et il fallait attendre 1984 pour que Gimbel et Neuhann en mettent en place le capsulorhexis antérieur (ouverture circulaire, continue et circulaire) pour voir la généralisation de la PKE. C'est actuellement la technique de choix de la chirurgie de la cataracte.

➤ **La chirurgie de la cataracte de nos jours (9)**

Actuellement on réalise des extractions par phacoémulsification ultrasonore suivant les étapes ci-dessous : (14)(15)(16)

1) L'anesthésie :

Essentiellement délivrée de façon locale, sauf dans certaines situations particulières (cataracte de l'enfant, du déficient mental, etc...). Elle consiste soit en l'injection orbitaire de produits anesthésiques (injection **péri ou rétro bulbaire**), soit en l'administration de gouttes d'anesthésiques locaux (anesthésie **topique**).

2) Repères chirurgicaux :

La transparence du dôme cornéen permet au chirurgien de visualiser directement le cristallin, une fois l'iris dilaté (la dilatation pupillaire est effectuée par l'instillation de gouttes de dilatation pupillaire avant l'intervention). Le cristallin est entouré du sac capsulaire, et l'on visualise ainsi directement la portion antérieure du sac (capsule antérieure). Les marques effectuées près du limbe permettent de repérer la direction horizontale (azimut 0° - 180°). La lueur orangée est liée à la réflexion diffuse de la rétine de la lumière du microscope. (Figure 14)

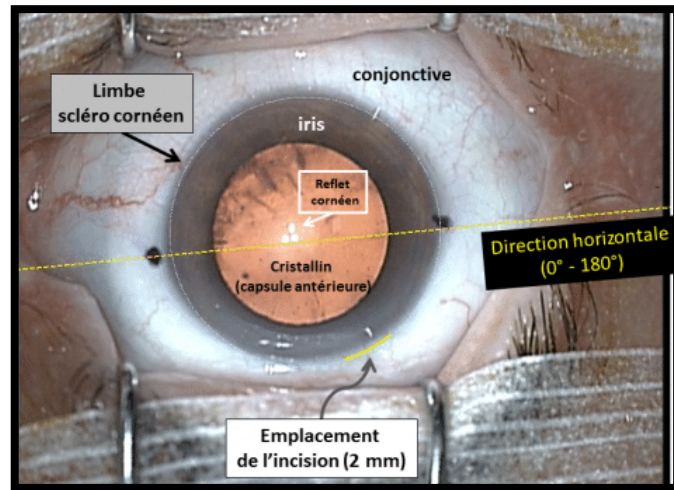


Figure 14: les repères chirurgicaux de la chirurgie de cataracte par phacoémulsification (15)

3) Incisions cornéennes :

Deux incisions sont pratiquées : une incision principale et une contre incision. L'incision principale est effectuée par un couteau calibré: en microincision, cette incision est étroite, sa taille varie entre 2,2 à 2,75 mm. Elle permet le passage des instruments et canules utilisés pour la chirurgie. Une deuxième incision latérale (<1 mm) est réalisée pour le passage du micro manipulateur (figure 15).

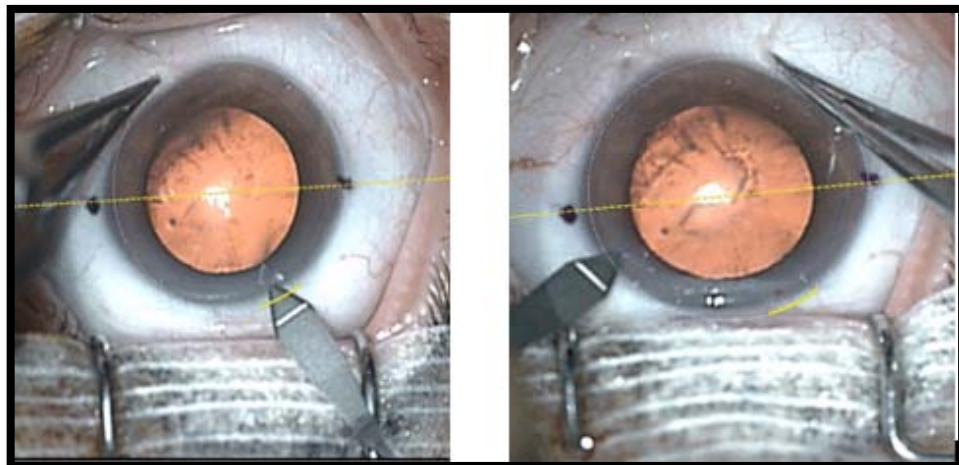


Figure 15: incision principale (à gauche) et incision latérale (à droite) (15).

4) Injection de substance visco-élastique dans la chambre antérieure :

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Ce gel transparent permet de tapisser et protéger l'endothélium cornéen, ainsi de maintenir le volume de la chambre antérieure pendant la chirurgie (figure 16).

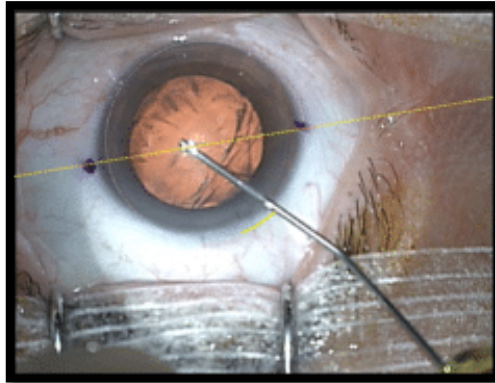


Figure 16: injection de substance visco-élastique (15).

5) Capsulorhéxis :

Le capsulorhéxis est la découpe circulaire de la capsule antérieure : la capsule est ouverte au centre par le cystotome, puis guidée par une micropince de manière à réaliser une ouverture circulaire centrée dont le diamètre est proche de 5.5 mm (figure 17).

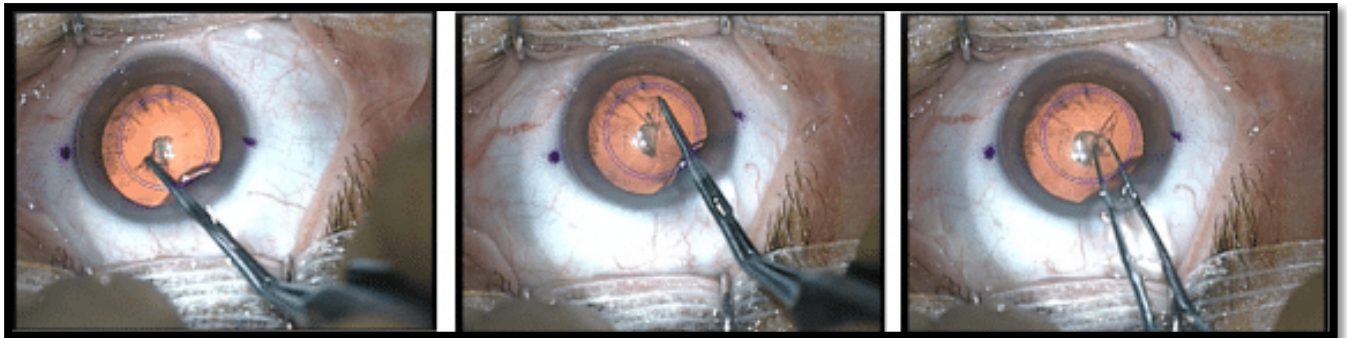


Figure 17: étape capsulorhéxis (15).

6) Hydrodissection :

L'hydro dissection consiste à injecter une solution tamponnée (BSS pour Balanced Salt Solution) pour séparer la capsule (le sac cristallinien) du cortex superficiel et du noyau. Cette séparation facilite la phase suivante de phaco émulsification (figure 18).

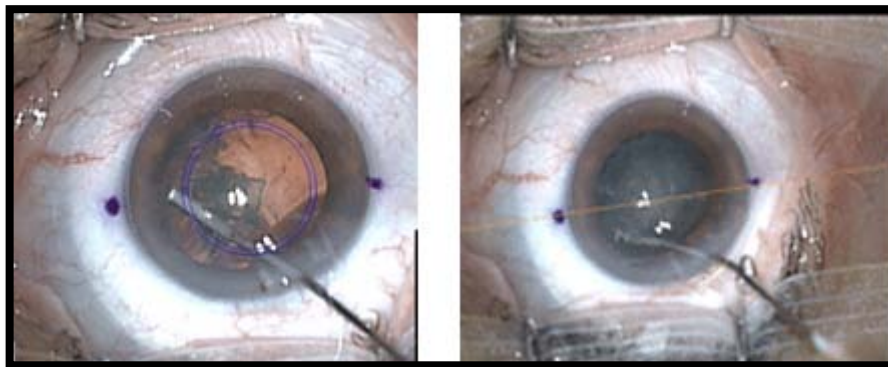


Figure 18: étape hydrodissection (15).

7) La phacoémulsification :

Au cours de cette étape le cristallin est fragmenté par l'émission d'ultrasons, dont l'énergie est corrélée à l'intensité de la cataracte. Il existe plusieurs techniques de phacoémulsification, la plus utilisée est celle dite « divide and conquer » qui consiste à fragmenter la cataracte au centre par quatre sillons perpendiculaires.

Le micro manipulateur (figure 19) est introduit par l'incision latérale pour aider à mobiliser et faciliter les manœuvres de fragmentation (cracking) ou fragmentation (chop) du noyau cristallinien.



Figure 19: micromanipulateur(17)

La pièce à main comporte une tête creuse qui vibre à la fréquence des ultrasons, afin d'émulsifier mécaniquement les fragments de noyau cristalliniens, et qui est recouverte d'un manchon d'irrigation de manière à permettre l'irrigation de liquide d'infusion de liquide BSS (figure 20).

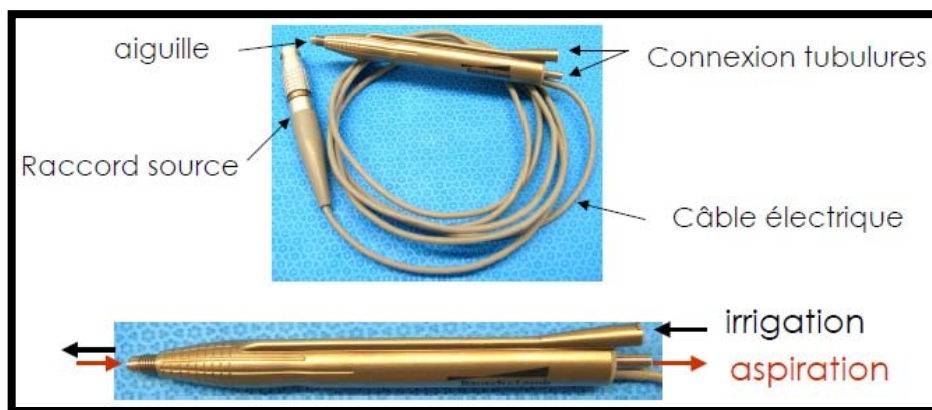


Figure 20: la pièce à main Ultrasons (17)

Chaque fragment ou quartier de noyau est mobilisé, émulsifié et aspiré par la pièce à main (figure 21).

A la fin de cette étape, le sac cristallinien est vidé du noyau et du cortex profond : une partie du cortex superficiel demeure en grande partie adhérent (épi noyau ou « masses » cristalliniennes). Lors de cette étape, il est important de préserver l'intégrité du sac capsulaire, qui servira de support à l'implant de cristallin artificiel.

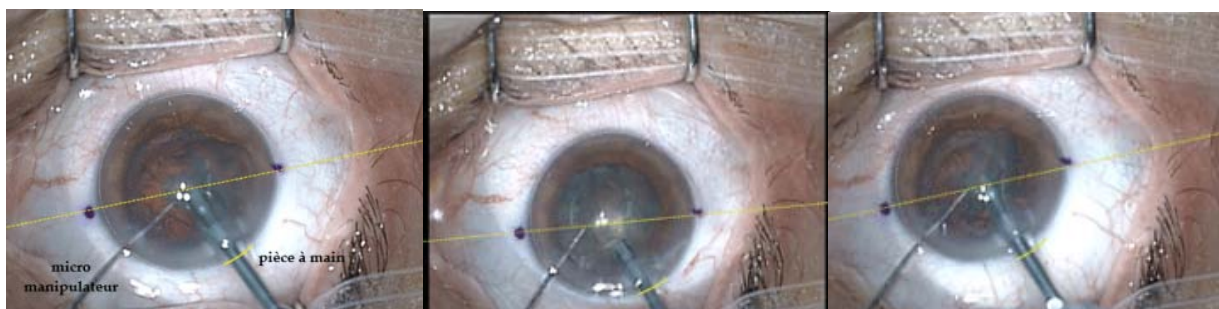


Figure 21: étape de la phacoémulsification (15).

8) Irrigation et aspiration des masses cristalliniennes :

Le lavage aspiration des masses s'effectue avec la canule d'irrigation aspiration (figure 22).

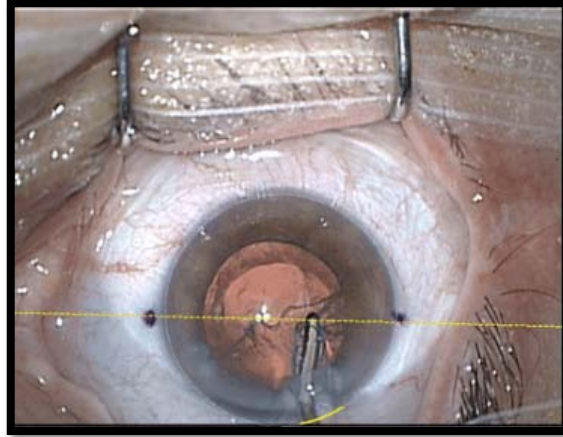


Figure 22: étape irrigation et aspiration des masses cristalliniennes (15).

9) Injection intraoculaire de l'implant artificiel :

Une fois le cortex et le noyau du cristallin fragmentés puis évacués, le sac capsulaire alors vide est déplié par l'injection de substance viscoélastique pour mieux accueillir l'implant.

Ce dernier dont le diamètre total est proche de 12 mm est préalablement placé dans une seringue d'injection, puis injecté de manière contrôlée au travers de l'incision principale dans le sac capsulaire (figure 23).

Lors de l'injection, les propriétés élastiques du matériau de l'implant lui permettent de se déployer et reprendre sa forme initiale qu'il possédait avant la mise en place dans l'injecteur (où il subit un enroulement et une compression de pouvoir être injecté au travers la micro incision).

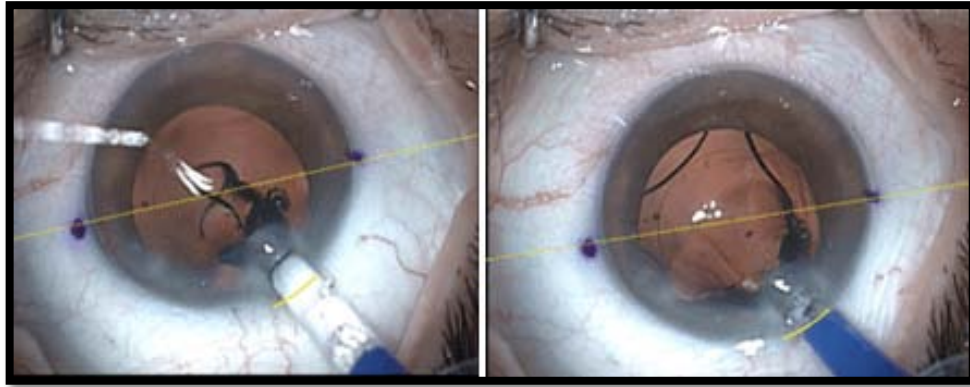


Figure 23: injection intraoculaire de l'implant artificiel (15).

10) Retrait du gel viscoélastique et hydrosuture de l'incision :

Une fois l'implant posé dans le sac capsulaire, il est possible de retirer le gel viscoélastique.

Les incisions cornéennes de taille inférieures ou égales à 3,2 mm ne nécessitent généralement pas de fil de suture, il suffit d'injecter un peu de liquide d'infusion (BSS) dans ses berges. L'hydratation assure un gonflement des berges et leur coaptation (figure 24).

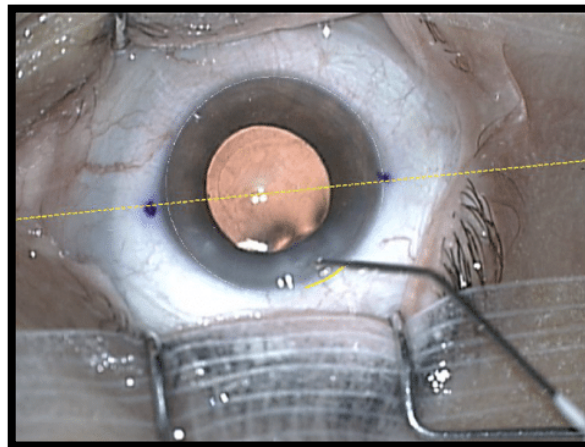


Figure 24: étape hydro suture de l'incision (15).

Cette technique de phacoémulsification a constitué en 2004 la méthode de référence par son efficacité associée à sa grande sécurité et ce quel que soit le type de cataracte.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Le futur :

La chirurgie de la cataracte assistée par le laser femtoseconde est présentée comme une innovation technologique en début de diffusion. Elle permettrait d'automatiser certaines étapes clés de la procédure chirurgicale actuelle, et de limiter la variabilité humaine, améliorant ainsi les résultats en termes d'efficacité et de sécurité (18).

Les micro-impacts du laser délivrés par des impulsions ultrabrèves (10^{-15} secondes) permettent par effet photodisrupteur de produire des bulles de cavitation et créer ainsi des clivages dans les tissus avec un minimum de dommage adjacent. Ce clivage se produit à l'endroit de la focalisation du laser, ce qui lui permet de « découper » à l'intérieur de l'œil, sans effet sur ces tissus traversés (18)(19)

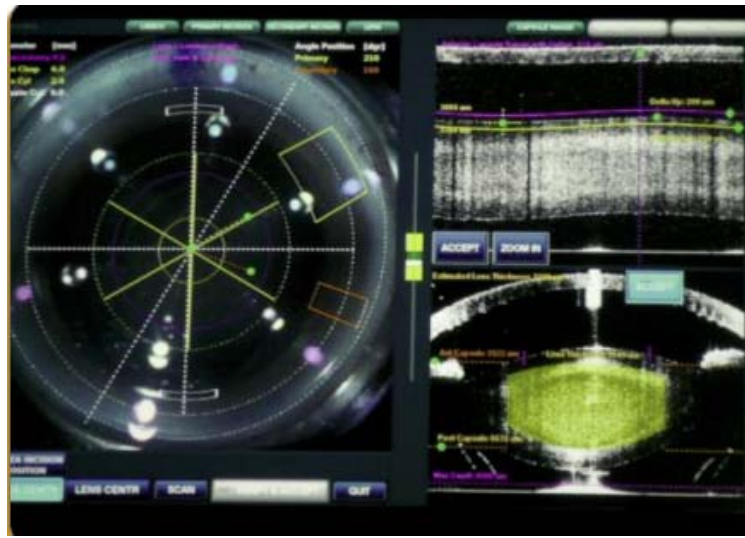


Figure 25: Visualisation procédure complète, incisions principale et secondaire, capsulorhéxis, fragmentation du cristallin, incision relaxante (20)

D'autres alternatives sont en cours de développement (21), qui sont :

- Le phacolaser nanoseconde
- Le photoémulsification
- Le système Catapulte
- La chirurgie robotique
- Le traitement médical par collyres
- L'utilisation de cellules souches

II. Les méthodes de formation médicale :

1. Le préceptorat clinique :

Le préceptorat clinique est un modèle pédagogique expérientiel caractérisé par un apprentissage séniorisé et « tuteur dépendant », centré sur la solution de problèmes et des objectifs précis et préalablement définis (22).

- Le préceptorat clinique se caractérise par (23):
 - Un modèle pédagogique expérientiel.
 - Un apprentissage centré sur la solution de problèmes
 - Des objectifs précis et préalablement définis
 - Une situation d'apprentissage authentique

2. Le compagnonnage traditionnels et ses difficultés :

C'est le mode classique le plus ancien. Il consiste à prendre en mains un apprenti par un apprenant dit « maître de stage ». C'est une relation privilégiée intergénérationnels entre deux êtres humains, un chirurgien senior et un chirurgien novice ; c'est le compagnonnage Halstedien popularisé par le chirurgien Halsted. Elle permet la transmission du savoir, mais aussi une transmission sociale, une appartenance sociale, un soutien d'intérêt, un soutien affectif, psychologique. Celle-ci se fait souvent dans un cadre d'une relation maître-élève. Le compagnonnage implique que l'apprenant soit réellement encadré par un professionnel expert(24)-(25).

Selon Mahmoudi AMMAR de la Tunisie, l'enseignement par compagnonnage, dispensée par un chirurgien sénior à un résident dans des conditions réelles lui permet de réaliser toute ou une partie d'une intervention chirurgicale sous le contrôle effectif, direct et constant du chirurgien sénior. Ce dernier peut, pas à pas, corriger les gestes ou la stratégie opératoire du résident. Un élément important est sans doute d'adapter la difficulté de l'intervention chirurgicale à la compétence et l'expérience du résident (26).

3. La simulation :

La simulation s'affirme comme une méthode pédagogique incontournable pour tous les professionnels de santé. C'est un concept en plein développement qui prend rapidement sa place dans le panthéon des méthodes pédagogiques en Médecine (27).

Elle permet de s'immerger littéralement dans le réel, de reproduire les situations les plus diverses, souvent rares dans la réalité, et évidemment d'apprendre les gestes techniques sans prendre le risque d'une erreur réelle.

Le but premier de ces dispositifs est d'offrir à l'apprenant l'opportunité de maîtriser des gestes techniques avant de s'exécuter dans l'environnement clinique. (28)

a. Historique de la simulation médicale (29)

La simulation dans le domaine médical, trouve ses origines dans l'Antiquité, lorsque des modèles de patients humains étaient construits en argile et en pierre pour démontrer les caractéristiques cliniques des maladies et leurs effets sur l'homme. Au XVIII^e siècle à Paris, Grégoire père et fils développèrent un mannequin d'obstétrique en pelvis humain et un bébé mort. Ceci a permis aux obstétriciens d'enseigner des techniques d'accouchement permettant de réduire les taux de mortalité maternelle et infantile. D'autre part, les données historiques documentent l'utilisation d'animaux dans l'apprentissage des techniques chirurgicales depuis le Moyen Âge. Bien que l'utilisation non systématique des simulateurs inanimés et vivants soit relatée au cours de l'histoire de la médecine, les origines de la simulation médicale, telles que nous les connaissons aujourd'hui, proviennent d'autres sciences notamment l'aviation.

b. Les types de simulation utilisés pour les gestes techniques : (30)

b.1. Modèle statique de tâches spécifiques :

- Définition :

« Stratégie d'apprentissage dans laquelle une tâche complexe est décomposée en éléments plus simples. Les différentes parties de la tâche sont ensuite pratiquées jusqu'à compétence. L'apprenant peut éventuellement pratiquer des tâches de plus en plus complexes. »

- Entièrement synthétique :

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Ces modèles sont généralement facilement reproductibles, mais certains peuvent être coûteux, et ne pourront enseigner qu'une partie des tâches nécessaires à l'exécution d'une procédure.

➤ incluant des organes animaux ex vivo

Ce mode de simulation offre une rétroaction haptique similaire au tissu humain à un coût relativement faible.

Les organes d'animaux permettent l'utilisation de l'électrocautère, instrument essentiel dans la plupart des disciplines chirurgicales.

Cependant, la mise en place d'un système d'approvisionnement fiable nécessite souvent un important investissement de temps de la part du personnel impliqué en simulation.

b.2. Modèle animal sous anesthésie :

- Avantages

Dans ces modèles, les tissus répondent à la traction et à la cautérisation pratiquement comme les tissus humains en salle d'opération.

Ils sont également parfaits pour l'entraînement à la dissection, les plans étant généralement similaires aux plans chez l'humain.

Ces modèles permettent de pratiquer des procédures complètes, permettant de combiner entraînement des habiletés motrices et habiletés d'organisation et de travail d'équipe.

- Inconvénients

Ces simulations sont généralement très coûteuses. Une expertise particulière est nécessaire pour l'anesthésie de l'animal. De plus, le centre de simulation doit gérer l'approvisionnement en animaux.

Des dilemmes éthiques sont associés à l'utilisation d'animaux pour l'entraînement. Certains pays, dont l'Angleterre, ont actuellement complètement banni leur utilisation. Il y a également des différences anatomiques entre la plupart des modèles animaux et l'humain.

Les animaux peuvent également être associés à la transmission de maladies infectieuses.

b.3. Réalité virtuelle :

- Définition :

« Groupe de technologies qui permettent d'interagir de façon efficace avec une banque de données 3D déformables en temps réel, utilisant ses sens et habiletés.»

- Avantages

Les simulateurs de réalité virtuelle permettent maintenant de simuler des procédures complètes avec une expérience de formation hautement réaliste.

Les simulateurs offrent généralement plusieurs niveaux de difficulté qui peuvent être adaptés à l'apprenant.

Plusieurs simulateurs virtuels ont des systèmes intégrés permettant au simulateur de donner de la rétroaction à l'apprenant.

Différents simulateurs mesurent différents paramètres (le temps nécessaire pour accomplir une tâche, les erreurs commise, manipulation des instruments,...), ce qui permet une meilleure évaluation des performances des stagiaires.

Les simulateurs permettent un apprentissage actif, personnalisé et objectif ! Une rétro-analyse plus rapide, une meilleure efficacité et une relation moins intimidante entre l'enseignant et l'apprenant !

- Inconvénients

Les simulateurs virtuels sont généralement coûteux à la fois pour l'achat et l'entretien.

III. Les moyens d'apprentissage de la chirurgie de cataracte

L'apprentissage de la chirurgie de la cataracte est un processus long et exigeant qui ne peut s'affranchir d'une période de compagnonnage au bloc opératoire aux côtés de chirurgiens expérimentés. Ce parcours peut être émaillé de la survenue de complications plus ou moins préjudiciables pour les patients (31). On note en effet, un taux de complication peropératoires chez les jeunes chirurgiens allant de 5 à 7% selon les séries, soit un taux 3 à 50 fois supérieur à

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

celui des chirurgiens expérimentés (32)(33)(34) et donc une augmentation des coûts pour les hôpitaux (35).

La microchirurgie nécessite un niveau de précision qui laisse peu de place à la gestuelle imprécise du chirurgien en formation. Par ailleurs, le positionnement avec un chirurgien seul à la tête du patient ne permet pas toujours de rattraper le geste de l'opérateur en cours d'apprentissage.

De plus, la plupart des interventions sont actuellement effectuées sous anesthésie topique ou locorégionale, ce qui constitue une limite en termes de liberté de communication entre le résident et son formateur. Toutes ces raisons justifient la réduction au maximum de la courbe d'apprentissage. La simulation trouve donc ici tout son intérêt.(36)(37)

1. Modèle animal et œil artificiel

Le défi imposé par le changement de technique chirurgicale de l'extraction extracapsulaire vers la phacoémulsification durant les années 1990 a fait naître différents modèles d'entraînements chirurgicaux, d'abord sur modèles animaux ou cadavériques et plus récemment sur œil artificiel (38).

2 systèmes des yeux artificiels sont disponibles : le système Bioniko (figure 27) et le système Kitaro (figure 28). Ils offrent la possibilité d'apprentissage des sutures et des dissections de tissus qui ne sont pas possibles avec le simulateur en réalité virtuelle (39).

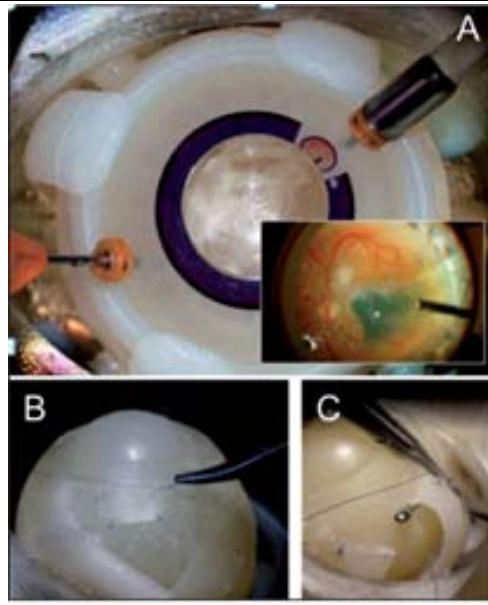


Figure 26: exemples d'outils de simulation du kit Bioniko sur oeil artificiel. A: Pelage de membrane. B: suture d'un voletscléral. C: chirurgie des muscles oculomoteurs (39).



Figure 27: Kit de simulation Kitaro pour la chirurgie de la cataracte (39).

Une limite majeure de ces méthodes d'entraînement réside dans la quantité consommable nécessaire pour un seul étudiant. Les ressources en tissus sont importantes et limitent de principe le nombre de gestes réalisables.

2. Simulateur de chirurgie de cataracte

Il existe actuellement trois appareils disponibles sur le marché : PhacoVision de Melerit Medical (Linköping, Suède), MicrovisTouch® (ImmersiveTouch, Usa) et EYESI de VR Magic Holding AG (Mannheim, Allemagne) (40). Ce dernier, est le plus répandu et le plus abouti technologiquement, a été développé en premier comme un système d'entraînement à la chirurgie vitréorétinienne. Plusieurs études ont alors démontré sa validité de construction pour les exercices du segment postérieur (41). Puis VRMagic a développé un module pour le segment antérieur et la chirurgie de cataracte. (42)

Le simulateur offre aux résidents un programme structuré qui combine un enseignement individuel et une étude indépendante avec le simulateur Eyesi. Les instructeurs créent des cours que les résidents répètent et pratiquent jusqu'à ce qu'ils obtiennent des notes de passage. Les chirurgiens en formation passent ensuite aux niveaux de difficulté supérieurs du système Eyesi jusqu'à ce qu'ils maîtrisent toutes les tâches de formation du simulateur. Les résidents sont enthousiasmés par la technologie et sa disponibilité constante(43). Plusieurs études ont démontré que l'entraînement sur simulateur améliorerait les performances chirurgicales, réduisait la courbe d'apprentissage et diminuait les risques de traumatismes iatrogènes (44)(45).

Un obstacle potentiel à l'utilisation des simulateurs de réalité virtuelle est le coût, estimé à environ 150.000\$ (avec seulement le logiciel de chirurgie de la cataracte).(46)

Eyesi Surgical est livré avec un didacticiel préinstallé. En commençant par un programme d'apprentissage de tâches basiques, qui permet de travailler les aptitudes microchirurgicales, le maniement du microscope, les mouvements dans les incisions, l'appréhension du volume de la chambre antérieure et progresser la coordination de la main, des yeux et des pieds (figure 29). Concernant la phacoémulsification à proprement parler et mis à part la réalisation de l'incision au début et l'hydrosuture à la fin de l'intervention, le simulateur permet la simulation de tous les temps opératoires de la chirurgie de cataracte par phacoémulsification avec tous les instruments habituels, mais aussi des situations techniquement difficiles et des complications (rhexis filé, rupture capsulaire)(39) (figure 30).

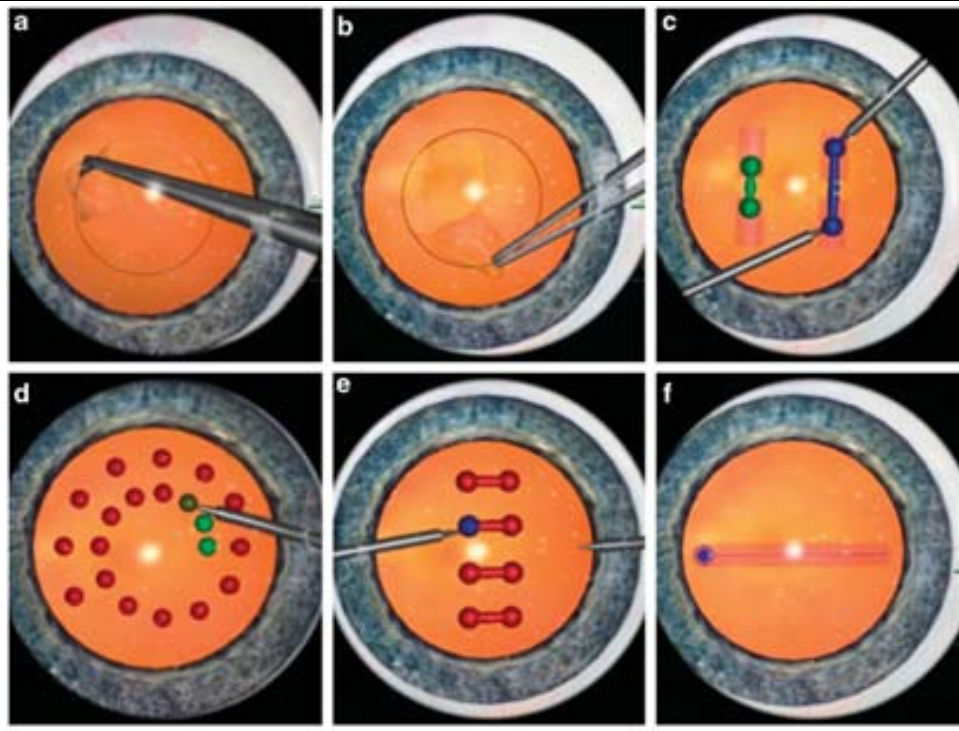


Figure 28: les tâches du simulateur Eyesi: (a,b): Capsulorhéxis, (c): craking and chopping, (d): navigation, (e):entraînement bi manuel, (f): anti-tremblement

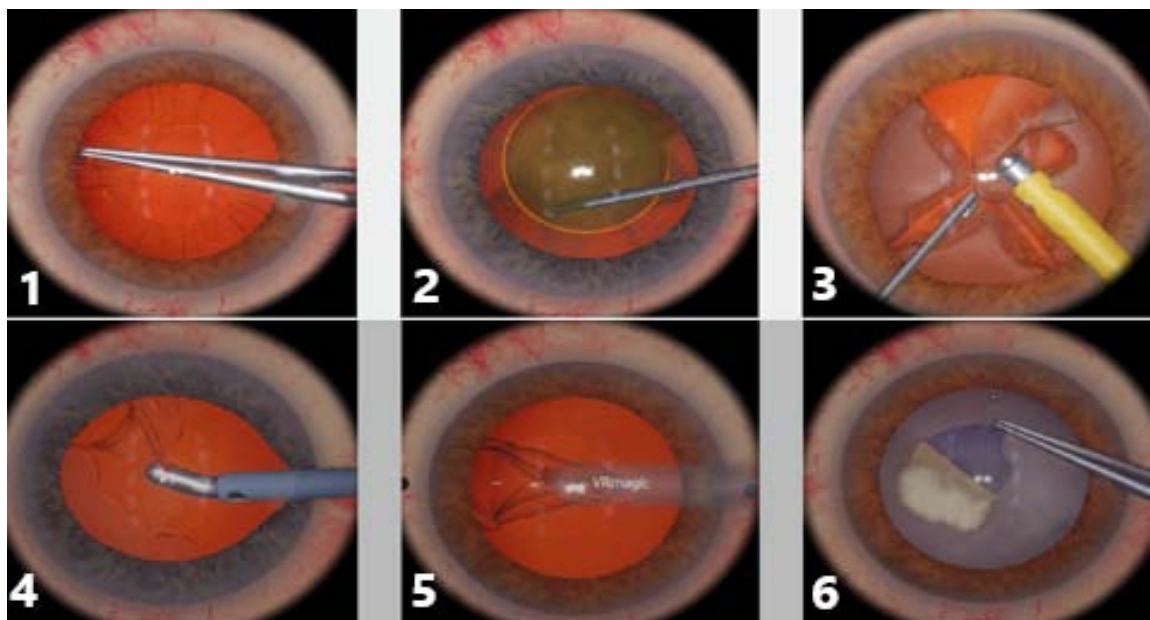


Figure 29: Les étapes de la chirurgie de cataracte simulée sur le simulateur EYESI: 1- Capsulorhexis 2- hydrodissection 3- phacoémulsification 4- irrigation-aspiration 5- insertion de IOL 6- capsulorhexis réalisé sur une cataracte blanche.

3. Présentation du didacticiel Eyesi simulateur pour le module cataracte. (47)(48)(49)

✚ Accès au compte

Chaque résident possède un compte d'utilisateur personnel (nom d'utilisateur et mot de passe) fourni par l'administrateur du système (figure 31).

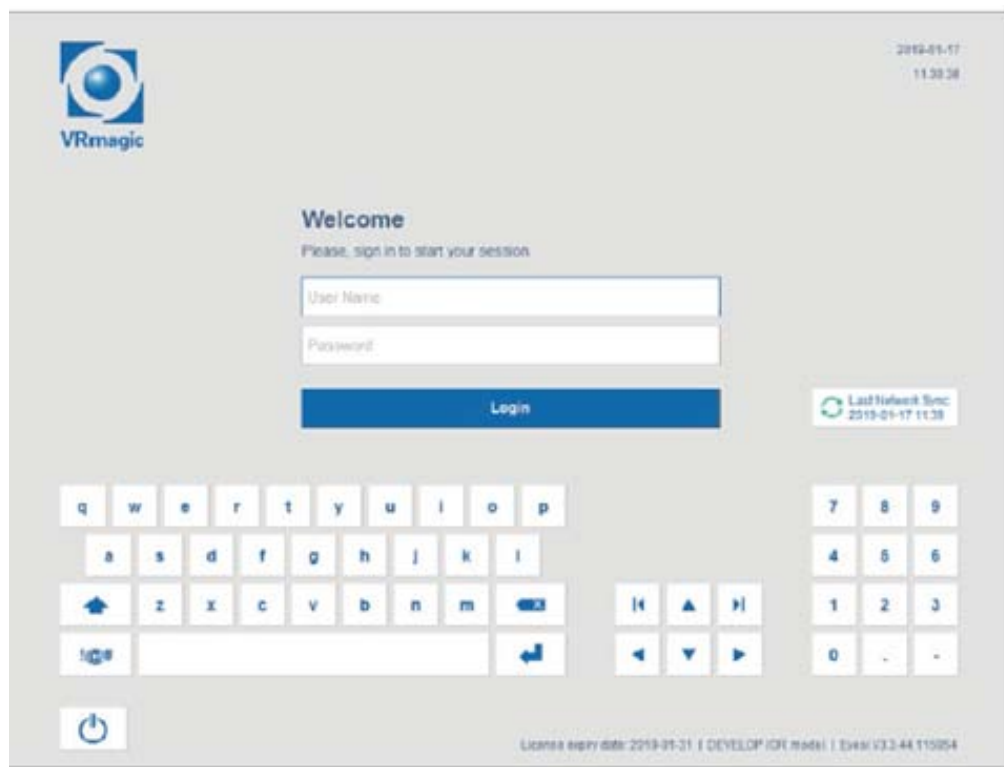


Figure 30: Ecran de connexion (49).

✚ Menu principal :

Une fois connecté, on a accès au **Menu principal** qui comporte plusieurs icones (figure 32).

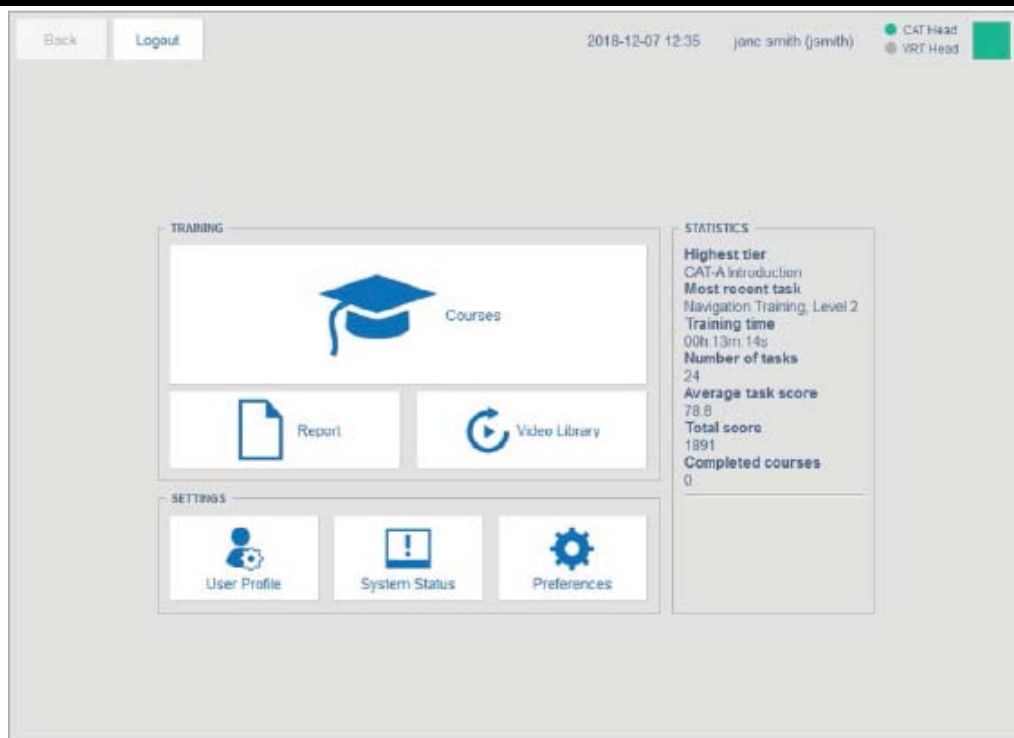


Figure 31: Aperçu écran menu principal (49)

- **Icones du menu principal**

Courses	Démarrer le menu « training courses » où on peut sélectionner un cours et démarrer la simulation.
Report	exporter un rapport d'entraînement sous forme de fichier PDF
Video library	ouvrir un menu où on peut visionner les vidéos des formations précédentes
User profile	Déterminer les caractéristiques personnels d'utilisateur (ex : main dominante ...)
System status	Vérifier que tous les composants (pièces à main, pédales, ...) fonctionnent correctement.
Preferences	Modifier les paramètres de la machine opératoire et l'angle d'accès de la tête

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

✚ Training courses.

Le didacticiel Eyesi Surgical cataracte est organisé en quatre niveaux de difficulté croissante (figure 33).

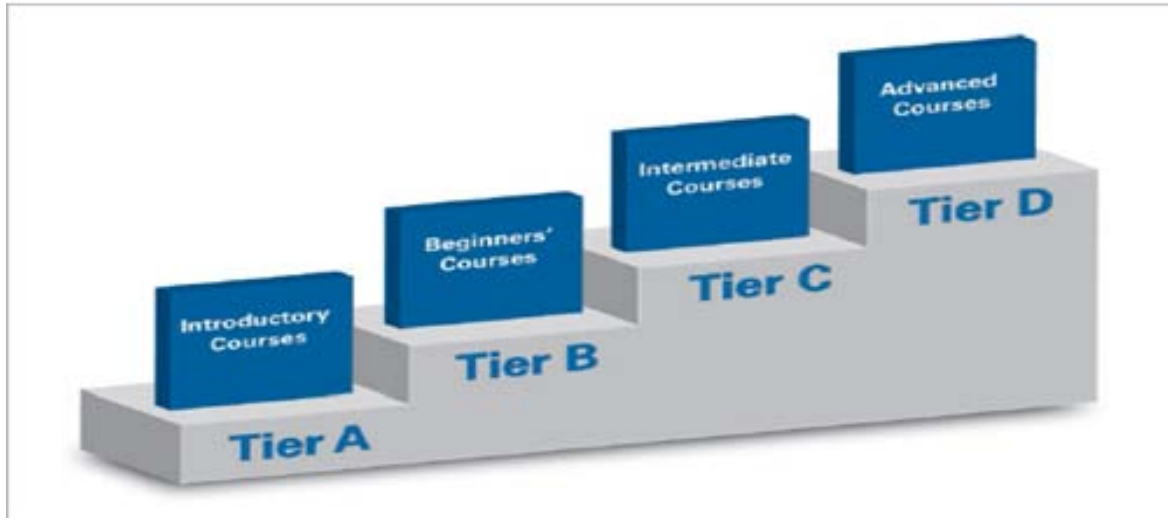


Figure 32: structure du didacticiel cataracte(49).

Chaque niveau est représenté par un onglet à l'écran comportant différents cours (figure 34).

Vous validez un niveau une fois que vous terminez tous les cours avec succès.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

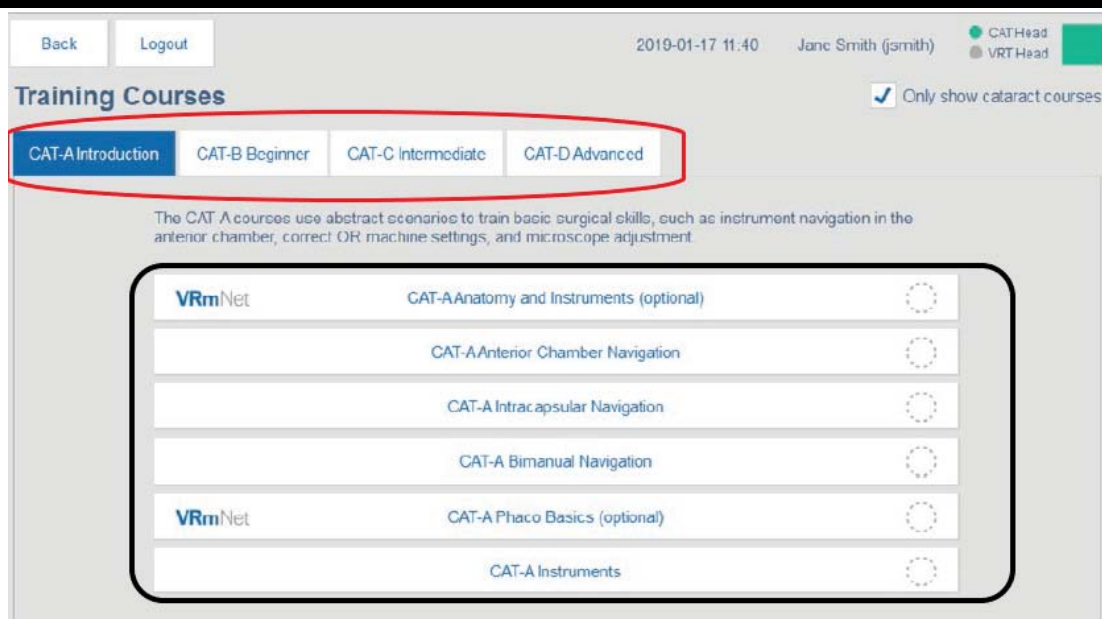


Figure 33: Aperçu d'écran training courses. la partie entouré en rouge indique les niveaux de difficulté Eyesi. la partie entouré en noir indique les cours de niveau CAT-A.

- ❖ **Niveau CAT-A** (cours d'introduction à la cataracte) : utilise des scénarios abstraits pour former les compétences microchirurgicales de base, tels que le contrôle des tremblements, la navigation des instruments dans la chambre antérieure, la motricité fine et l'utilisation appropriée du microscope.

Cours :

1. Navigation dans la chambre antérieure
 2. Navigation intracapsulaire
 3. Navigation bimanuelle
 4. instruments
-

- ❖ **Niveau CAT-B** (cours de cataracte débutant) : des étapes isolées de la chirurgie de la cataracte sont formées à la suite de tâches abstraites de manipulation des instruments. Les résidents pratiqueront les premières étapes du capsulorhéxis, de segmentation du cristallin, de l'extraction du cristallin et de l'insertion de l'implant intraoculaire

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Cours :

1. Instrument et navigation
 2. Capsuloréxis
 3. Intracapsular tissue
 4. Stop and chop
 5. Insertion de IOL
-

- ❖ **Niveau CAT-C** (cours de cataracte intermédiaire) : permet d'affiner les compétences acquises en matière de cataracte grâce à des scénarios plus difficiles : les stagiaires pratiquent des techniques chirurgicales avancées, telles que le hachage vertical ou l'insertion d'un IOL torique, et réalisent des interventions de cataracte en plusieurs étapes, par exemple la technique complète de « phaco divide conquer. »

Cours :

1. Capsulorhéxis
 2. Divide and conquer
 3. Chopping
 4. Irrigation / aspiration
 5. Insertion IOL
-

- ❖ **Niveau CAT-D** (cours de cataracte avancée) : propose des cas difficiles de chirurgie de la cataracte dans des conditions exigeantes, telles que les tensions capsulaires élevées ou des zonules faibles. Les stagiaires seront confrontés à des tâches aléatoires et à des complications, notamment la rupture de la capsule postérieure, ce qui les obligera à s'adapter rapidement au scénario chirurgical.

Cours :

1. Capsulorhéxis errant tear
 2. Weak structures
 3. White cataracts
 4. Capsular plaques
 5. Varying cases
 6. Anterior vitrectomy
-

Statut du cours

Le statut d'un cours est indiqué par une icône à côté du nom du cours. Si un cours est verrouillé, vous ne pouvez pas accéder. Selon les paramètres définis par votre administrateur, vous devrez terminer certains cours avant de pouvoir accéder aux cours verrouillés.



Cours verrouillé



Cours débloqué, mais pas encore commencé



Cours commencé, mais pas encore terminé



Cours terminé avec succès

Contenu du cours

Une fois un cours est sélectionné, l'**écran aperçu du cours** affiche une brève description et une liste avec toutes les tâches et les scores obtenus du cours (figure 35).

Vous validez un cours une fois que vous terminez toutes les tâches avec succès.

Back Logout 2018-12-06 00:57 Jone Smith (jsmith) CAT Head VRT Head

Course Overview - CAT-A Anterior Chamber Navigation

This course uses abstract tasks to train hand-eye coordination, as well as efficient and controlled instrument movements in the anterior chamber.

In the Navigation Training tasks, you must insert the instrument tip into targets.

In the Anti-Tremor Training tasks, you must guide the instrument tip along a line.

Before you start each task, make sure the microscope view is correctly adjusted.

You have to reach a minimum score of 50, three times in a row.

Task	Options	Attempts	Score	Status
Navigation Training, Level 1		0	0	🔓
Anti-Tremor Training, Level 1		0	0	🔒
Anti-Tremor Training, Level 2		0	0	🔒
Navigation Training, Level 2		0	0	🔒
Anti-Tremor Training, Level 5		0	0	🔒
Anti-Tremor Training, Level 6		0	0	🔒

Free task choice Course Score: 0/1800

Reset Course Select Task

Figure 34: Ecran aperçu du cours (49).

Colonne tâche : contient le nom de chaque tâche

Colonne d'options : deux options peuvent être affectées à une tâche

- NG : option de guidage
- ND : effectuer la tâche avec la main non dominante.

Colonne des tentatives : indique le nombre de fois que vous avez tenté une tâche.

Colonne score : est divisée en plusieurs barres, qui affichent le score que vous avez obtenu dans la tâche (0 à 100). Le sillon dans la barre indique le score minimum requis pour accomplir la tâche. Les portes de notation augmentent à mesure que les stagiaires progressent vers les cours du niveau suivant.

Le rouge indique que le score requis n'est pas atteint.

Le vert indique que le score requis est atteint.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Task	Options	Attempts	Score	Status
Navigation Training, Level 1		3	100 100 100	✓
Anti-Tremor Training, Level 1		4	0 0 0	🔒
Anti-Tremor Training, Level 2		0	0 0 0	🕒
Navigation Training, Level 2		0	0 0 0	🕒

Figure 35: tâches individuelles d'un cours. la colonne Score est divisée en trois barres, une pour chaque tentative requise (portes de fiabilité).

Portails de fiabilité : Les tâches avec une porte de fiabilité doivent être répétées plusieurs fois. Par exemple, un seuil de fiabilité de trois signifie que vous devez atteindre le score requis d'une tâche trois fois consécutives pour terminer la tâche avec succès. Si vous échouez une fois, vous devez recommencer.

⇒ Ceux qui garantissent une intensité d'entraînement élevée et des résultats reproductibles.

Colonne statuts : affiche l'état de la tâche.



Tâche verrouillée ; terminer la tâche précédente en premier pour déverrouiller



Tâche déverrouillée, mais pas encore commencée



Tâche commencée, mais pas encore terminée



Tâche terminée avec succès

🚪 **Commencer la formation.**

Une fois une tâche est sélectionnée, un écran avec les instructions de la tâche s'affiche (figure 37).

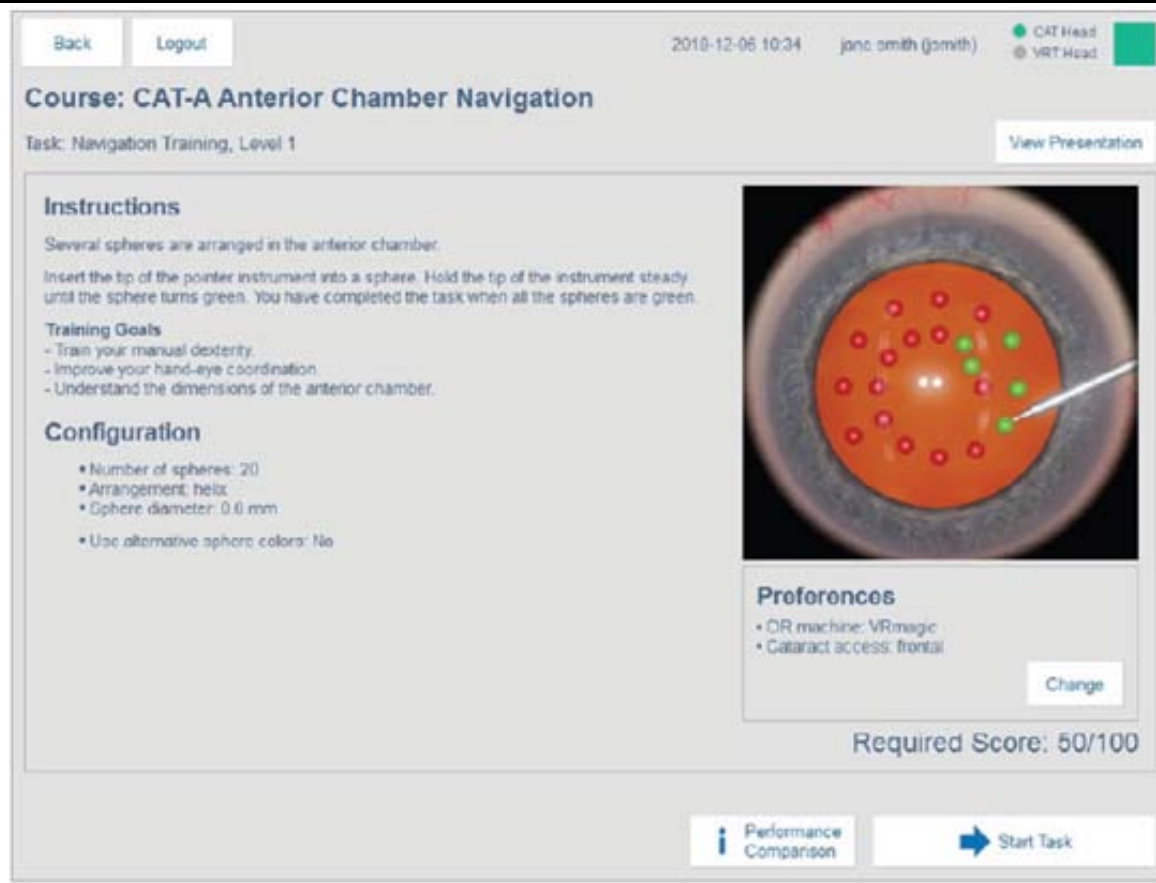


Figure 36: Ecran aperçu de la tâche(49).

1. Lire les instructions de la tâche. Si nécessaire, défiler vers le bas pour afficher le texte complet.
2. Pour afficher la présentation (image et vidéo) de la tâche en cours, il faut appuyer sur « view presentation »
3. Pour modifier les préférences affichées appuyer sur « change »
4. Pour voir les performances des autres utilisateurs dans cette tâche, il faut appuyer sur « performance comparison »
5. Pour commencer la formation, appuyer sur « start Task »

La simulation est lancée. Un nouvel écran avec toutes les fonctions nécessaires pendant la simulation s'affiche (figure 38).

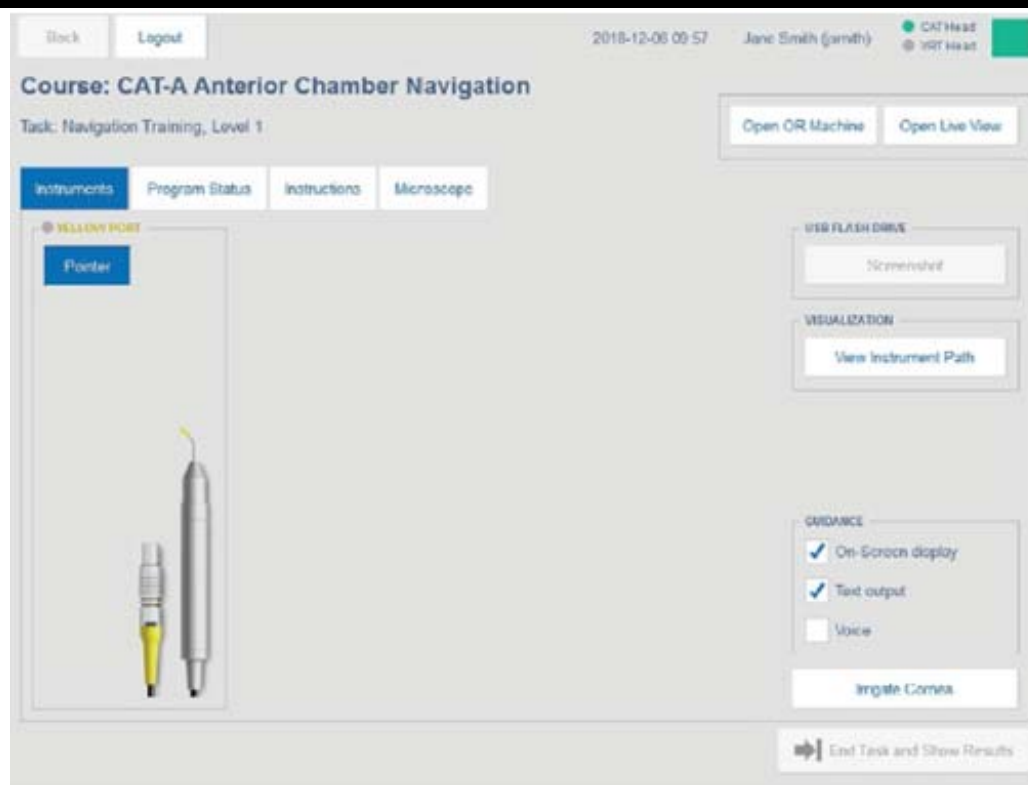


Figure 37: Ecran affiché pendant le déroulement de la simulation (49).

6. Jeter un œil au « instruments » pour voir quelles pièces à main sont utilisées dans la tâche en cours
7. Regarder à travers le microscope et ajuster le zoom et la mise au point avec la pédale du microscope.
8. Insérer avec précaution la ou les pointes de ou des pièce(s) à main dans la ou les incisions de l'œil artificiel.
9. Effectuer la tâche de formation.
10. Lorsque vous terminez la tâche, il faut appuyer sur « End Task and show Results » pour afficher l'écran d'évaluation.

Orientation et évaluation.

Le simulateur chirurgical Eyesi offre des conseils vocaux et visuels et des commentaires sur les performances du stagiaire. Des messages sont affichés dans la vue du microscope, par exemple pour fournir des avertissements en cas de problème. Dans les cours plus avancés, toutes les options de guidage ont été intentionnellement désactivées.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

A la fin de chaque tâche, le simulateur fournit une évaluation objective des performances chirurgicales et une évaluation détaillée des compétences. Quatre paramètres sont pris en compte afin d'établir un score de performance final:

- **tache achevée** : réalisation de l'exercice avec succès et dans sa totalité,
- **efficacité** : temps nécessaire pour réaliser l'exercice et quantité d'ultrasons utilisée,
- **utilisation des instruments** : fermeture et horizontalisation des instruments lors de leur insertion ou retrait et temps de chirurgie sans irrigation active,
- **traitement des tissus** : capacité à ne faire aucune lésion cornéenne, irienne ou capsulaire.

Le simulateur attribue des points positifs pour chaque tache réalisée avec succès et des points négatifs pour toutes les erreurs permettant ainsi d'obtenir un **score final** allant de 0 à 100 (Figure : 39).

The screenshot displays a performance evaluation interface for a surgical simulation. At the top, it shows the course name 'CAT-A Anterior Chamber Navigation' and the task 'Navigation Training, Level 1'. The user is identified as 'Jane Smith (jsmith)' and the date is '2016-12-06 10:00'. The interface includes buttons for 'Start Replay', 'Time Lapse', and 'Export Video'. A table below provides a detailed breakdown of performance metrics across various categories. The 'Completed objects' category shows a score of 100. The 'Instrument handling' category shows a score of 'good', with a sub-item 'Instrument clipped out of sphere' showing a score of -2. The 'Microscope handling' and 'Tissue treatment' categories both show 'excellent' scores. At the bottom, the overall 'Task Score' is 98/100, and a message indicates that the required score of 40 has been reached, requiring 2 more repetitions. Navigation buttons include 'Return to Course Overview', 'Performance Comparison', 'Repeat Task', and 'Proceed to Next Task'.

Entry	Value	Score	Range
Target achievement		excellent	
Completed objects	20/20	100	[0 - 100]
Efficiency		excellent	
Instrument handling		good	
Odometer	44.7mm	0	[-20 - 0]
Instrument clipped out of sphere	1	-2	[-20 - 0]
Operating without red reflex	00:00.0	0	[-20 - 0]
Microscope handling		excellent	
Tissue treatment		excellent	

Grades: excellent | good | average | poor | failing

Task Score: 98/100

Required score of 40 reached. You have to repeat the task 2 more times.

Return to Course Overview | Performance Comparison | Repeat Task | Proceed to Next Task

Figure 38: Ecran d'évaluation (49).

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

- **Lancer la relecture :**

Les stagiaires peuvent également visionner une rediffusion de leur chirurgie virtuelle avec un résumé des erreurs qu'ils ont commises, ce qui permet de mieux juger de leurs propres performances.

- **Comparaison des performances :**

Une fonction de comparaison des performances (disponible sur l'écran d'évaluation), compare les performances individuelles aux résultats anonymes des autres utilisateurs qui ont effectué la même tâche. Une présentation en centiles permet de juger de sa propre performance en un coup d'œil (figure 40).

⇒ Ce qui favorise à la fois une meilleure auto évaluation et une meilleure motivation à la formation.

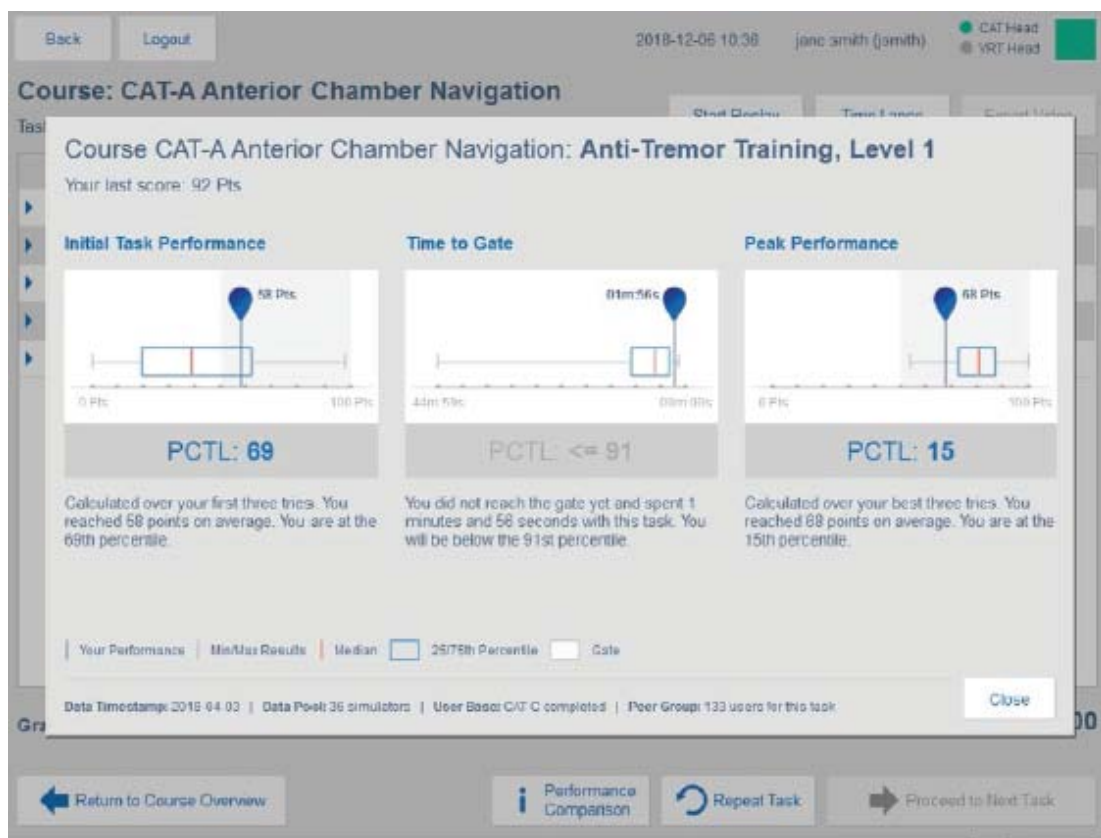


Figure 39: écran de comparaison des performances (49).

Cataract challenge :

Le parcours Cataract challenge est un parcours spécial affiché sur un onglet séparé dans le menu « Training courses », apparaît à plusieurs reprises à intervalles de temps réguliers (figure 41). Le cours exige que les stagiaires effectuent consécutivement toutes les étapes d'une intervention chirurgicale dans un laps de temps limité. Étant donné que le même cours doit être tenté à plusieurs reprises, cette fonction aidera à évaluer le développement des compétences chirurgicales des résidents au fil du temps et à vérifier la cohérence de leur niveau de performance.

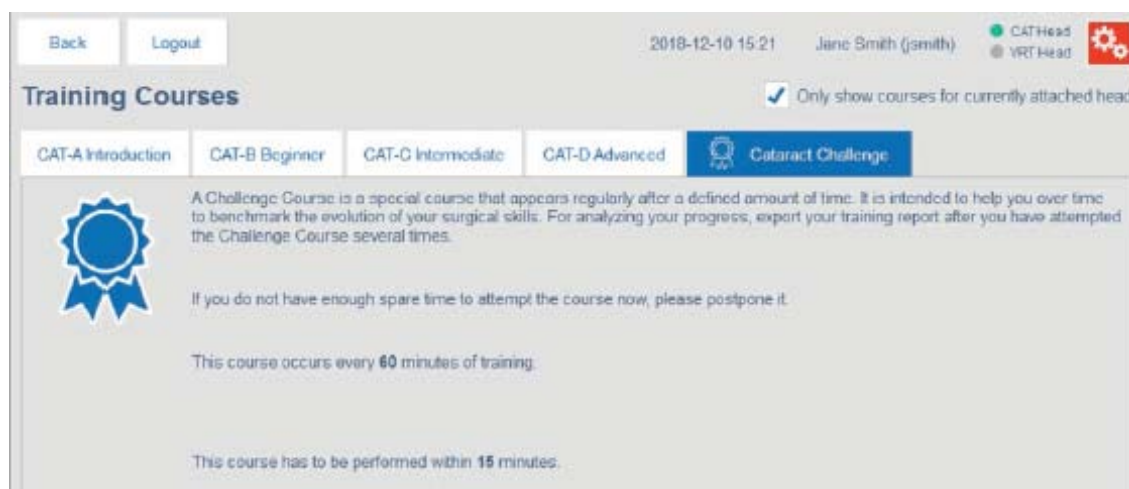


Figure 40: parcours défi cataracte (49).

Le rapport de formation

Un rapport de formation est un fichier PDF généré par Eyesi Surgical qui peut être exporté vers une clé USB. Il contient l'historique d'entraînement et montre comment les compétences des résidents évoluent au fil du temps (figure 42).

Avec un compte administrateur, le sénior aura accès au rapport de formation détaillé de tous ces résidents.



Figure 41: Aperçu d'un rapport de formation (49).

1. Données des utilisateurs
2. Durée totale de la formation et tâches tentées
3. Nom du cours
4. Graphique de compétences : affiche le score du cours obtenu au fil du temps. Une ligne verticale verte indique le moment où toutes les tâches du cours ont été accomplies pour la 1^{ère} fois.
5. La 1^{ère} ligne indique le score total obtenu pour le cours.
6. La 1^{ère} colonne affiche les noms des tâches, le score requis et le seuil de fiabilité. Les colonnes suivantes montrent les tentatives effectuées sur une tâche, la colonne la plus à droite représente la tentative la plus récente.
 - Scores des tâches vertes : le score requis a été atteint.
 - Scores des tâches noires : le score requis n'a pas été atteint.

IV. Analyse des résultats :

1. Taux de réponse :

Notre étude a fait appel à un questionnaire qui est considéré comme étant un instrument informatif et adapté à ce genre d'enquête.

Outre l'anonymat, qui augmente la proportion de réponses franches et honnêtes, la rapidité d'exploitation et la facilité de mise en place, c'est un procédé économique, reproductible, démocratique, informatif et peu coûteux.

Il permet de mettre en évidence certaines lacunes dans l'atelier et d'y remédier.

Notre enquête est satisfaisante avec un taux de réponse de 100 % des participants.

Un tel taux, correspondant à un échantillonnage incluant les résidents de service, donne une forte crédibilité aux résultats en laissant supposer une bonne représentativité des réponses obtenues.

Ce taux a été obtenu grâce à la sensibilisation des participants de l'importance de leur réponse dans l'amélioration de la qualité de leur pratique chirurgicale, et grâce au fait qu'ils étaient sollicités immédiatement après l'activité.

On note que les participants se sentent davantage responsable s'ils sont en mesure de constater que le dispositif d'évaluation a produit des changements ou qu'il est essentiel à une démarche de contrôle de qualité(50)

Pour certains auteurs, le taux bas de participation est souvent lié à la conviction de certains participants qu'une telle étude n'entraînerait pas un changement significatif, et que c'est une perte de temps et d'effort (51).

2. Caractéristiques sociodémographiques des participants :

Concernant la population, les critères d'inclusion à l'étude ont été établis dans le but d'éviter le biais dans l'interprétation des résultats.

Dans notre enquête, on a réparti Les participants en 3 groupes en fonction de leur niveau d'expérience pour tester la capacité du simulateur Eyesi à discriminer les chirurgiens novices des

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

chirurgiens expérimentés lors de la réalisation des exercices de 4 modules de formation à la chirurgie de cataracte.

La diversité des nationalités a permis d'identifier les différences qui existent entre état, et aussi stimuler les résidents étrangers à adopter cette méthode d'apprentissage comme une nouvelle approche à l'enseignement pratique et théorique, mais aussi à transférer la procédure de soins de Marrakech.

Le sexe : Les résultats de notre enquête ont trouvé un taux de 59% de sexe féminin et 41% de sexe masculin, avec un sexe ratio (H/F) de 0,69 ; ne concordant pas avec la répartition des étudiants en spécialités chirurgicales (52). Cet inversement du sexe ratio peut être expliqué par la tendance mondiale de la féminisation constante de la médecine ainsi que de la chirurgie. Cette féminisation de la profession chirurgicale a été soulignée par une enquête française récente parmi les résidents en formation (53).

3. Validité de construction des modules

L'étape fondamentale dans la mise en œuvre de tout dispositif de simulation dans des études de formation ou de recherche est de pouvoir établir une validité de construit (54), qui se définit comme étant la capacité du simulateur à différencier les performances des chirurgiens experts et les chirurgiens novices (55).

Depuis le développement d'EYESI de VR Magic, de nombreuses études mettent en exergue que l'entraînement sur ce simulateur améliore les performances chirurgicales, réduit la courbe d'apprentissage et diminue les risques de traumatismes iatrogéniques. Sa validité de construction a été démontrée pour certains modules mais la plupart des études ne se sont pas intéressées qu'à certains exercices et non à tous. Nous souhaitons donc par notre étude de tester la capacité du simulateur Eyesi à discriminer les chirurgiens expérimentés des chirurgiens novices pour tous les exercices de quatre modules d'entraînement que nous considérons comme primordiaux, le module antitremblement, la réalisation d'un capsulorhéxis, la phacoémulsification et l'aspiration-irrigation des masses cristalliniennes, afin de confirmer sa validité de construction pour ceux-ci.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Nous pouvons tout d'abord noter que ce travail s'inscrit parmi les rares travaux à l'échelle mondiale qui s'est intéressé à étudier l'ensemble des exercices d'un même module et le 1er au Maroc qui a montré la validité de construction des modules d'apprentissage de chirurgie de cataracte sur le simulateur de réalité virtuelle Eyesi.

3.1. Le module anti tremblement :

Pour le module anti tremblement, Nos résultats mettent en évidence une validité de construction de tous les exercices du module anti-tremblement avec un score médian très significative ($p < 0,001$). Les experts ont achevé avec excellence toutes les tâches des exercices avec une meilleure utilisation des instruments et traitement des tissus par rapport aux intermédiaires qui étaient eux même supérieures aux novices.

C'est résultats sont cohérente avec les résultats trouvé dans la littérature qui ont testé un seule niveau de ce module, notamment pour l'étude de :

Mahr et al en 2008 (56), qui s'est intéressé seulement au niveau 4 et qui a trouvé que les chirurgiens expérimentés ont obtenu des scores totaux significativement plus élevés $p = 0,02$ ainsi ils ont été plus efficaces en termes de temps, de tâche achevée et ils ont eu moins d'erreurs et de complication par rapport aux chirurgiens moins expérimentés.

Thomsen et al en 2015 (57), a démontré la validité de l'entraînement anti-tremblement en analysant le score moyen du niveau 4 obtenu chez expérimentés et les novices qui a été significatif $p = 0,014$.

Le et al en 2011 (58), s'est intéressé au niveau 3 de ce module et qui a démontré que ceux qui ont des niveaux d'expérience plus élevés ont été plus efficaces en terme de temps et de précision et ils ont obtenu des scores totaux significativement meilleurs que ceux qui ont moins d'expérience $p = 0,003$.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Tableau XXVI: Étude comparative entre notre analyse bi-variée des médians des scores finaux et celle des autres études pour les exercices du module anti tremblement.

Auteurs Exercices	Mahr et al (2008)	Le et al (2011)	thomsen et al (2015)	Notre étude
Exercice 1	-	-	-	P<0,001
Exercice 2	-	-	-	P<0,001
Exercice 3	-	P= 0,003	-	P<0,001
Exercice 4	P=0,02	-	P= 0,014	P<0,001
Exercice 5	-	-	-	P<0,001
Exercice 6	-	-	-	P<0,001
Exercice 7	-	-	-	P<0,001

On a constaté également, pour le même module, que le score final des novices s'améliore tout en passant d'un exercice à l'autre, ceci pourrait être expliqué par le fait que la réalisation séquentielle de ces exercices (de l'exercice 1 à l'exercice 7) a un impact sur les scores ; du fait de l'amélioration du groupe novice par l'apprentissage acquis au fil des exercices, ce qui rejoint l'étude de Berqvist (59), de Saleh (60) et Bozkurt (61) qui ont prouvé une amélioration des scores finaux des novices au cours de leurs essais sur le simulateur Eyesi et celle de Feldman et al (62) qui ont trouvé une tendance d'amélioration des compétences microchirurgicales des étudiants en médecine qui ont suivi 4 heures de formation en réalité virtuelle.

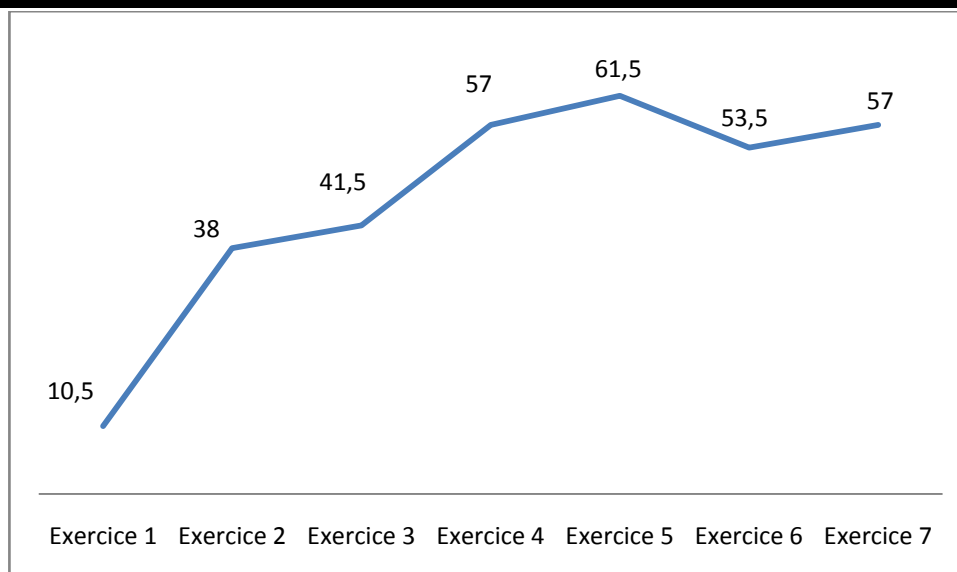


Figure 42: la médiane des scores finaux des novices pour les exercices du module anti-tremblement.

3.2. Le module capsulorhéxis :

Pour le module capsulorhéxis, les experts et les intermédiaires ont eu des meilleurs résultats dans les différents paramètres étudiés par rapport aux novices avec une grande performance chez les experts en termes de tâche achevée, temps, traitement des tissus et un score final significativement plus élevé que les autres groupes moins expérimentés $p < 0,001$ dans tous les exercices, en plus les novices ont trouvé une difficulté à réaliser l'exercice, à manipuler les instruments ainsi que le taux de lésion tissulaire est plus important. Donc notre étude a mis en évidence la validité de construction du simulateur Eyesi pour le module capsulorhéxis. L'expérience chirurgicale des sujets est en effet, prédictive de leur performance dans différents exercices.

Nos résultats confortent ceux obtenus dans d'autres études, notamment :

L'étude de Colné et al en 2019 (63), qui s'est intéressé seulement à l'exercice 1 et 2 de ce module, a trouvé des scores significativement plus élevés chez les experts que chez les autres groupes moins expérimentés, soit $p = 0,010$ pour l'exercice 1. Par contre, aucune différence significative n'a été trouvée pour l'exercice 2 $p = 0,36$. Colné a expliqué cela par son faible

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

effectif et que les tendances de signification pourraient se confirmer avec un effectif plus important.

L'étude de Privett et al en 2010 (64) a trouvé que Les chirurgiens expérimentés ont obtenu des scores totaux statistiquement significativement meilleurs que les groupes moins expérimentés pour l'exercice 1 avec une $P < 0,001$, les experts ont eu ainsi des meilleurs scores dans tous les paramètres, notamment moins de lésions cornéennes, une meilleure réalisation de l'exercice et moins de temps pour effectuer les tâches.

L'étude de Thomsen et al en 2015 (57), a validé la construction du module capsulorhéxis en analysant le score moyen des expérimentés et les novices de l'exercice 1 qui a été très significatif $p < 0,001$.

Etude de Bozkurt et al en 2018 (61), qui s'est intéressé à étudier le 3^{ème} exercice du module capsulorhéxis a montré que les résultats obtenus avec le simulateur Eyesi sont en corrélation avec l'expérience chirurgicale vu que les experts ont eu des scores très significatifs $p = 0,009$. Bozkurt a ainsi montré dans son étude que la main dominante avait plus de succès que la main non dominante ($p = 0,004$) et que les scores augmentaient avec la répétition ce qui renforce la validité de ce module.

Selvander et Asman en 2013 (65) ont trouvé dans leur étude que les chirurgiens de la cataracte ont surpassé les novices en ce qui concerne le score final qui a été très significatif, soit $p = 0,035$. ainsi Selvander et Asman ont noté que les novices ont causé plus de lésion tissulaire et une durée de temps plus élevés.

Tableau XXVII: Étude comparative entre notre analyse bi-variée des médians des scores finaux et celle des autres études pour les exercices du module capsulorhéxis.

Auteurs / Exercices	Privett et al (2010)	Selvander et Asman (2013)	Thomsen et al (2015)	Bozkurt et al (2018)	Colné et al (2019)	Notre étude
Exercice 1	$P < 0,001$	-	$P < 0,001$	-	$P = 0,010$	$P < 0,001$
Exercice 2	-	-	-	-	$P = 0,36$	$P < 0,001$
Exercice 3	-	$P = 0,035$	-	$P = 0,009$	-	$P < 0,001$
Exercice 4	-		-	-	-	$P < 0,001$

Par ailleurs, on a remarqué dans notre étude qu'aucune amélioration du score final n'a été constatée chez les novices en réalisant tous les exercices de ce module. Une tentative d'explication nous mène à une étude Sweden faite par Selvander et Asman (66), qui a montré que la procédure de capsulorhémie est considérée comme étant l'une des étapes les plus difficiles à maîtriser et qu'il faut beaucoup plus de temps de formation que 10 itérations pour atteindre un niveau de compétence. Une étude récente menée au Brésil en 2016 par Tiago Bisol (67) a démontré que les novices doivent suivre tout un programme standard de formation sur le simulateur Eyesi afin d'améliorer leurs performances chirurgicales pour le module capsulorhémie.

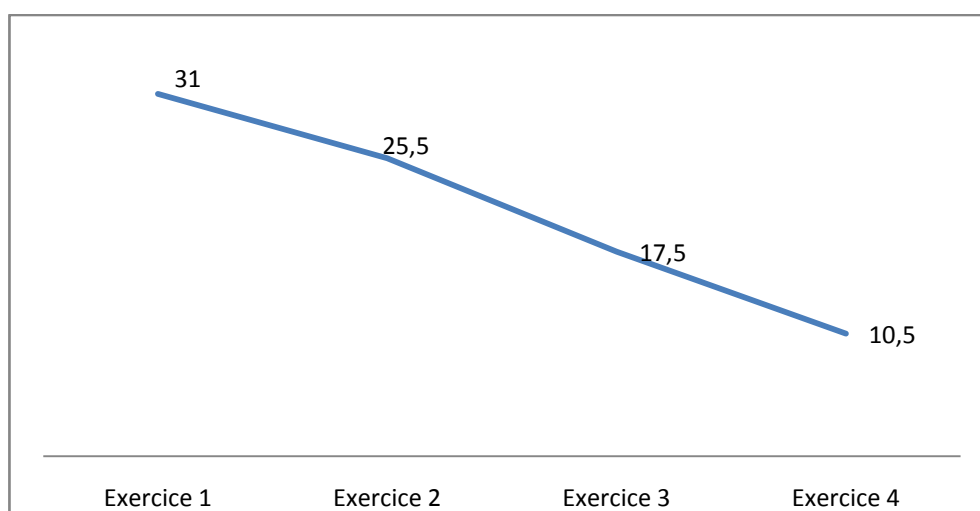


Figure 43: Figure 42: la médiane des scores finaux des novices pour les exercices du module capsulorhémie.

3.3. Le module phacoémulsification

A propos du module phacoémulsification et cracking, notre étude a mis en évidence la validité de construction de tous les exercices de ce module sur le simulateur Eyesi. Les experts ont eu des scores plus élevés que les intermédiaires qui, à leur tour avaient des scores plus élevés que les novices avec une P très significative $<0,001$. Les experts ont une tendance à réaliser toutes les tâches des exercices avec succès et dans sa totalité avec une meilleure conservation des tissus et manipulation des instruments, tout cela en courte durée.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Cependant, les novices ont eu une difficulté à achever toutes les tâches avec un taux de complication important et une durée longue.

De ce fait, notre étude rejoint d'autres études figurant dans la littérature, validant la construction de ce module, notamment :

Celle de Colné et al en 2019 (63) qui a démontré que les experts ont eu des scores significativement supérieurs aux 2 autres groupes seulement dans l'exercice 8, soit $p=0,04$ et ont eu tendance à obtenir de meilleurs scores finaux statistiquement non significatifs dans l'exercice 1,3,5 et 7 (respectivement $p=0,2$, $p=0,09$, $p=0,09$ et $p=0,7$), ceci a été expliqué par le faible effectif de l'étude et que les tendances de signification pourraient se confirmer avec un effectif plus important. De plus, les experts ont causé peu de dégâts tissulaires et ont eu un temps de réalisation de l'exercice plus courts. Néanmoins, dans les exercices 2, 6,7 Colné et al n'ont pas trouvé de différence significative entre les 3 groupes quel que soit le paramètre étudié. Ils ont expliqué cela par le fait que les participants avaient déjà réalisé les autres exercices au préalable, en effet l'exercice 2 n'est qu'autre que l'exercice 1 (ablation de 4 quartiers au lieu d'un), il en est de même pour les exercices 6 et 7 par rapport à l'exercice 5 (phacoémulsification d'une cataracte soit plus dure, soit plus molle) et qu'au-delà de certain nombre de répétitions d'un même exercice, les différences entre les groupes disparaissent, les scores des novices rejoignent ceux des experts.

On note que cette étude est la seule avec la nôtre qui s'est intéressée à tous les exercices du module phacoémulsification-cracking.

L'étude de thomsen et al en 2015 (57) testant seulement l'exercice 2 de ce module, a trouvé que les expérimentés ont obtenu des scores finaux très significatifs par rapport aux novices $p=0,003$.

L'étude de Selvander et al en 2013 (65) a trouvé une différence statistiquement significative soit $p=0,022$ dans le score final de l'exercice 5 entre les chirurgiens de cataracte et les étudiants en médecine. L'étude a démontré également que les novices ont causé beaucoup de lésion tissulaire avec une durée de réalisation de l'exercice plus longue et une valeur d'énergie et de fuite ultrasonique plus importante que les chirurgiens.

Tableau XXVIII: Étude comparative entre notre analyse bi-variée des médians des scores finaux et celle des autres études pour les exercices du module phacoémulsification cracking.

Auteurs Exercices	Selvander et al (2013)	thomsen et al (2015)	Colné et al (2019)	Notre étude
Exercice 1	-	-	P= 0,25	P<0,001
Exercice 2	-	P= 0,003	P= 0,73	P<0,001
Exercice 3	-	-	P= 0,09	P<0,001
Exercice 4	-	-	P= 0,16	P<0,001
Exercice 5	P= 0,022	-	P= 0,09	P<0,001
Exercice 6	-	-	P= 0,10	P<0,001
Exercice 7	-	-	P= 0,73	P<0,001
Exercice 8			P= 0,04	P<0,001

3.4. Le module irrigation et aspiration des masses cristalliniennes

Nous avons également pu démontrer la validité de construction pour le module irrigation et aspiration des masses cristalliniennes, et à notre connaissance, il s'agit du premier rapport montrant la validité de construction pour ce module spécifique. Les experts ont obtenu des scores finaux statistiquement très significatifs soit $p < 0,001$ dans tous les exercices avec une grande performance des résultats en ce qui concerne la réalisation de la tâche, l'utilisation des instruments et la conservation des tissus par rapports aux intermédiaires qui ont obtenu eux-mêmes des notes supérieures aux novices.

On a également constaté que le score final des novices décroît tout en passant à l'exercice suivant du programme, ceci pourrait être expliqué par le fait que le programme du simulateur Eyesi comporte des exercices de difficulté croissante (exercice 1 étant la tâche facile et l'exercice 5 la tâche la plus difficile) et que les novices sont encore naïfs aux compétences chirurgicales pour réaliser une tâche spécifique très difficile, donc il faudrait beaucoup de formation que 2 essais sur le simulateur pour obtenir des résultats satisfaisants.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Cependant, nos résultats ne concordent pas avec les 2 études trouvées dans la littérature qui ne valide pas la construction de ce module sur le simulateur Eyesi, notamment :

L'étude menée par Colné et al publiée en 2019 (63) n'a pas trouvé une différence statistiquement significative entre les experts, les intermédiaires et les novices pour les 2 premiers exercices (exercice 1 $p=0,8$ et l'exercice 2 $p=0,3$) et celle de thomsen et al (57) qui s'est intéressée seulement à l'exercice 1 et qui n'a pas trouvé une différence statistiquement significative entre les groupes $p=0,1$.

Tableau XXIX: Étude comparative entre notre analyse bi-variée des médians des scores finaux et celle des autres études pour les exercices du module irrigation aspiration des masses cristalliniennes.

Auteurs Exercices	Thomsen et al (2015)	Colné et al (2019)	Notre étude
Exercice 1	$P= 0,1$	$P= 0,82$	$P<0,001$
Exercice 2	-	$P= 0,34$	$P<0,001$
Exercice 3	-	-	$P<0,001$
Exercice 4	-	-	$P<0,001$
Exercice 5	-	-	$P<0,001$

Il nous a paru également important d'indiquer que les critères de notation du simulateur Eyesi ont été validés par des études qui tiennent à comparer la notation du simulateur aux différents scores de notation de chirurgie de cataracte. Ceci nous mène à une étude récente de Jacobsen et al en 2019 (68) qui a trouvé une corrélation statistiquement significative entre le score de performance Eyesi et le score OSACSS (Objective Structured Assessment of Cataract Surgical Skill) qui est le score gold standard de notation d'une chirurgie de cataracte. Une autre étude menée par Rohipoor et al en 2017 (69) a objectivé une corrélation des scores de compétence Eyesi avec le score GRASIS (Global Rating Assessment of Skills in Intraocular Surgery). La classification basée sur le suivi des mouvements de chirurgie de cataracte s'est également avérée corrélée avec les scores Eyesi à tous les niveaux d'expériences selon l'étude de Thomsen et al en

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

2017 (70). Grâce à cela, la validité simultanée du simulateur de cataracte Eyesi a été validée sur les trois indices indépendants : OSACSS, GRASIS et l'évaluation du suivi des mouvements.

En outre, plusieurs études ont démontré l'impact du simulateur Eyesi dans l'amélioration des performances chirurgicales au bloc opératoire (71)(72). Ceci nous mène à une étude Marocaine d'Adnane et al en 2020 (73) qui a trouvé que les résidents ayant une formation sur le simulateur ont eu un temps opératoire plus court (20 min versus 37min) et ont causé moins de rupture capsulaire postérieure (PCR) (37 cas versus 12) et une énergie dissipée cumulée (EDC) nettement inférieure que ceux n'ayant jamais réalisé cette formation. Autant pour l'étude de Belyea (74) et Cristina Lopez (75) qui ont constaté que les résidents formés sur simulateur ont réalisé la phacoémulsification en un temps plus court et moins de complication peropératoire. Egalement, ils ont recommandé la mise en œuvre d'une formation chirurgicale sur le simulateur virtuel dans le programme de résidence en ophtalmologie afin d'accroître l'efficacité et la sécurité de la chirurgie de cataracte.

L'étude de Ferris en Ukraine en 2020 (76) à confirmer que la formation sur le simulateur de chirurgie de cataracte Eyesi a permis une réduction de 38% du taux de PCR chez les chirurgiens débutant. De même pour l'étude de McCannel (77) et al qui a constaté une réduction de 68% de PCR. Ainsi que pour l'étude de Baxter et al (78) qui a montré une réduction significative des complication peropératoire chez les résidents ayant bénéficié d'un programme de formation intensif sur le simulateur.

Dans le rapport de Randleman JB (38), il a été établi que le taux de complication a été étroitement corrélé à l'expérience du chirurgien, ainsi un nombre significativement bas de PCR a été observé après 200 cas de phacoémulsification et un moindre taux de recours à la vitrectomie antérieure a été observé après 80 cas de cataracte par résident, un taux qui a nettement baissé après 160 interventions. Un nombre difficile à atteindre durant le cursus de formation sans le recours à des ateliers de simulation virtuelle qui ont raccourci la courbe d'apprentissage (44); d'autant plus que l'effectif des résidents est en constante augmentation dans notre contexte.

V. Les limites de l'étude

Au cours de cette étude les difficultés qui ont entravé ce travail sont :

1. L'échantillonnage qui est réduit.
2. Le manque de temps pour effectuer tous les exercices vu l'horaire de travail du centre de simulation qui est de 09h à 15h et qui coïncide avec les activités des résidents au service.
3. le manque de temps suffisant pour évaluer le retour à l'expérience de nos résidents qui fera peut être l'œuvre d'un autre travail.
4. La disponibilité d'un seul simulateur de chirurgie de cataracte Eyesi dans notre faculté et l'augmentation accrue des chiffres des résidents. Cette prestation ne semble pas appropriée, bien évidemment que les handicaps financiers et techniques ne peuvent pas être négligés.
5. Le logiciel du simulateur Eyesi est présenté seulement en langue anglaise, chose qui peut poser une difficulté de compréhension et d'apprentissage chez certains résidents.
6. Il faut prendre en compte certains biais, liés notamment à la codification des données (questions ouvertes ou fermées), aux fausses déclarations volontaires ou par omission, mais également au mode de recueil de l'information (questionnaire). Néanmoins, ce questionnaire même s'il peut être incomplet et imparfait, il est tout de même une bonne base de travail pour de futures améliorations.
7. Les commentaires libres permettent aux participants d'exprimer plus largement les points positifs de l'atelier et mettent également en avant certains aspects qu'il convient selon eux à améliorer. On pourra critiquer ces commentaires libres qui apportent beaucoup d'informations et dont l'exploitation paraît difficile si un grand nombre de participants remplit ce cadre. Mais, les mêmes commentaires sont très souvent répétés (ce qui en facilite l'exploitation), et au contraire révèlent certains points que critique une partie des résidents et qui ne nous seraient pas apparus.



RECOMMANDATION



Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

A partir de cette étude et en revenant aux données de la bibliographie il nous a semblé utile de proposer les recommandations suivantes :

Promouvoir et encourager l'utilisation du simulateur de chirurgie de cataracte Eyesi comme un outil pédagogique moderne et efficace dans la formation des résidents en ophtalmologie.

La mise en œuvre d'une formation chirurgicale obligatoire sur le simulateur Eyesi dans le programme de résidence en ophtalmologie.

Commencer tôt l'entraînement sur le programme d'apprentissage du simulateur Eyesi pour mieux acquérir les compétences chirurgicales nécessaires en vue d'augmenter l'auto-efficacité et la sécurité des résidents en ophtalmologie vis-à-vis de la chirurgie de cataracte au bloc opératoire.

Adopter le simulateur Eyesi comme étant un outil d'évaluation chirurgicale valide des résidents.


Promouvoir l'acquisition de nouveaux simulateurs de chirurgie de cataracte Eyesi au profit de la FMPM et du centre hospitalier universitaire Mohamed VI.

Mettre en place une stratégie ministérielle qui permet l'acquisition des simulateurs de chirurgie de cataracte dans toutes les facultés de médecine publiques du Maroc pour que les résidents puissent en profiter.


Utiliser des méthodes d'enseignement utiles et adaptés (préceptorat, compagnonnage, la simulation) simultanément dans le cadre de l'enseignement pédagogique en chirurgie, afin de garantir une meilleure efficacité d'acquisition des compétences de savoir et de savoir-faire.

Organiser des sessions complémentaires de formation en laboratoire humide pour apprendre les tâches non présentées sur le simulateur Eyesi, notamment l'incision cornéenne et l'hydrosuture.

Prévoir dans le futur, des études explorant l'intérêt pronostique et l'impact de simulateur Eyesi dans le développement des compétences chirurgicales de nos résidents.



CONCLUSION



Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

La simulation représente un moyen utile dans l'apprentissage et l'amélioration des habiletés techniques et les compétences du chirurgien.

La maîtrise de la technique de chirurgie de cataracte par émulsification est actuellement incontournable dans le quotidien du chirurgien ophtalmologique. Il est classique de dispenser l'apprentissage en se basant sur les méthodes classiques de démonstration et de compagnonnage. Néanmoins, le progrès de la simulation imposant cet adage « jamais la 1ère fois sur le patient » impose son utilisation en ophtalmologie.

La simplicité de l'apprentissage avec la possibilité de répétition du geste jusqu'à l'autonomie impose ce type d'apprentissage, la simulation est maintenant reconnue comme un pont incontournable de l'enseignement basé sur les preuves « evidence based education ». Elle permet d'acquérir plus rapidement et sans risque pour le patient des connaissances, des habiletés techniques et gestuelles. En effet, ce type d'enseignement doit être vivement recommandé, un garant du raccourcissement de la courbe d'apprentissage et de l'efficacité de l'acquisition de la compétence.

L'analyse de nos résultats rejoint ceux de la littérature en confirmant la validité de construction du simulateur Eyesi en mettant en évidence une différence de score entre les novices et les chirurgiens expérimentés pour tous les exercices des modules anti-tremblement, capsulorhéxis et phacoémulsification. Toutefois, cette étude est la première qui a pu démontrer la validité de construction pour le module irrigation et aspiration des masses cristalliniennes.

En effet, l'apprentissage initial de la chirurgie de cataracte par phacoémulsification doit faire partie intégrante du programme de simulateur virtuel avant de passer aux conditions réelles du bloc opératoire. Plusieurs études ont prouvé que l'initiation à la chirurgie de cataracte sur le simulateur Eyesi a amélioré les compétences microchirurgicale et l'efficacité des résidents au bloc opératoire.

C'est ainsi que les compétences acquises seront transférables en pratique. Le principal message de notre étude est donc : « **Mieux former pour mieux opérer** », le seul garant de la sécurité opératoire chirurgicale du patient.



Résumés



RESUME

L'objectif de cette étude est de tester la capacité du simulateur Eyesi à discriminer les chirurgiens novices des chirurgiens expérimentés afin de mettre en évidence sa validité ainsi que son impact dans la formation initiale et continue à la chirurgie de cataracte.

Il s'agit d'une étude prospective, qui avait porté sur une analyse descriptive transversale et comparative des fiches remplies par les résidents d'ophtalmologie de 1^{ère} année, 4^{ème} année et 5^{ème} année regroupés respectivement en trois groupes : groupe novice, groupe intermédiaire et groupe expert, ayant bénéficié de la formation sur le simulateur de chirurgie de cataracte Eyesi pour les modules anti-tremblement, capsulorhéxis, phacoémulsification-cracking et aspiration-irrigation des masses cristalliniennes, composée au total de 24 exercices. Cette formation s'est déroulée du 11 Octobre 2021 au 10 janvier de l'année 2022 au centre de simulation et d'innovation en sciences de la santé (CSISS) au sein de la faculté de médecine et de pharmacie de Marrakech.

Notre échantillon comprenait 22 résidents ; 8 résidents de groupe novices, 9 de groupe intermédiaires et 5 de groupe experts. Le taux de réponse au questionnaire était de 100%. La moyenne d'âge des participants était de 30,18 ans avec une prédominance féminine (59%) et un sex-ratio H/F de 0,69. La description des résultats et l'analyse bi-variées des médians des scores finaux ont montré que les experts avaient une tendance à réaliser toutes les tâches des exercices avec succès et dans sa totalité avec une meilleure conservation des tissus, une meilleure manipulation des instruments et des médians des scores finaux plus élevés que les intermédiaires qui ont à leur tour avaient des résultats plus élevés que les novices avec une p très significative ($p < 0,001$) pour tous les exercices. De même on a constaté que le temps de réalisation de l'exercice décroît en fonction du niveau d'expérience.

Nos résultats confirment la validité de quatre modules du simulateur de chirurgie de cataracte Eyesi, en mettant en évidence une différence de score entre les novices et les chirurgiens expérimentés. En effet, l'apprentissage initial de la chirurgie de cataracte par phacoémulsification doit faire partie intégrante du programme de simulateur virtuel avant de passer aux conditions réelles, Autant plus, que plusieurs études ont prouvé que l'initiation à la chirurgie de cataracte sur le simulateur Eyesi a amélioré les compétences microchirurgicale et l'efficacité des résidents au bloc opératoire.

Des actions concrètes d'amélioration de l'enseignement sont toujours requises dans la formation du résident en ophtalmologie et la simulation représente un facteur essentiel.

Abstract :

The objective of this study is to test the ability of the Eyesi simulator to discriminate between novice and experienced surgeons in order to demonstrate its validity and its impact on initial and continuing training in cataract surgery.

This is a prospective study, which had focused on a descriptive cross-sectional and comparative analysis of the forms filled out by ophthalmology residents of 1st year, 4th year and 5th year grouped respectively into three groups: novice group, intermediate group and expert group, having benefited from training on the Eyesi cataract surgery simulator for the modules anti-concussion, capsulorhexis, phacoemulsification-cracking and suction-irrigation of the crystalline masses, consisting of a total of 24 exercises. This training took place from October 11, 2021 to January 10, 2022 at the Center for Simulation and Innovation in Health Sciences (CSISS) within the Faculty of Medicine and Pharmacy of Marrakech.

Our sample included 22 residents; 8 novice, 9 intermediate, and 5 expert. The response rate to the questionnaire was 100%. The average age of the participants was 30.18 years with a female predominance (59%) and a sex ratio M/F of 0.69. The description of the results and the bi-variate analysis of the medians of the final scores showed that the experts had a tendency to perform all the tasks of the exercises successfully and in its totality with a better preservation of the tissues, better handling of the instruments and higher medians of the final scores than the intermediates who in turn had higher results than the novices with a very significant p ($p < 0.001$) for all the exercises. Similarly, it was found that the time to complete the exercise decreased with experience level.

Therefore, our results confirm the construct validity of four modules of the Eyesi cataract surgery simulator, highlighting a difference in score between novices and experienced surgeons. Indeed, the initial learning of cataract surgery by phacoemulsification must be an integral part of the virtual simulator program before moving on to real conditions. Moreover, several studies have shown that the initiation to cataract surgery on the Eyesi simulator improved the microsurgical skills and efficiency of the residents in the operating room.

Concrete actions to improve teaching are always required in the training of the ophthalmology resident, and simulation is an essential factor.

ملخص

Eyesi

الهدف من هذا الدراسة هو اختبار قدر محاكي

علمييز الجر احينا المبتدئين من الجر احين ذوي الخبرة من اجل ابراز صلاحيتها وكذا لتأثير هفي التدرج بالاوليو المستمر لجر احية الساد .
لقد قمنا بدراسة استباقية، والتير كز تعلل التحليل لوصف ومقارنة النتائج المحصل عليها والتي تمملؤها منظر فأطباء العيون المقيمين سنة أو ليو
سنة اربعة وخامسة التي تموز يعه متواليا علن ثلاث مجموعات:

مجموعة المبتدئين، المجموعة المتوسطة ومجموعة الخبراء كما استفادوا من حصص تدرج يعلم محاكي جر احية عدسة العين Eyesi و وحدة مضاد ال
ر عا ش، و وحدة تكسير المحفظة، و وحدة تشقق استحلاب العدسة، و وحدة شفط الكريتا لين، والتي تضم مجموعته 24 تمريناً.

أقيم هذا التدرج في الفترة الممتدة من 11 أكتوبر 2021 إلى 10 يناير 2022

في مركز المحاكاة والابتكار في العلوم الصحية بكلية الطب الصيدلة في مراكش.

ضمت عينتنا 22 طبيباً مقيماً؛ 8 من مجموعة المبتدئين، 9 من المجموعة المتوسطة و 5 من مجموعة الخبراء.

كانت نسبة الرد على الاستبيان 100%. كانت متوسط عمر المشاركين 30.18 سنة وتوفقت نسبة الإناث (59%) على نسبة الذكور.

كما أظهر تحليل النتائج أن الخبرة لم يميلوا إلى تنفيذ جميع مهام التمارين بنجاح وبشكل كامل مع الحفاظ على الأنسجة بشكل أفضل، وتحكم أفضل للأدوات كما

كان متوسط الدرجات النهائية أعلى من الوسطاء الذين حصلوا بدونهم على نتائج أعلى من المبتدئين مع درجة كبيرة جداً ($p < 0.001$)

لجميع التمارين. وبالمثل فقد كانوا قادرين على التمرين بشكل أسرع من المبتدئين.

تؤكد نتائجنا صحة إنشاء أربوع وحدات من جهاز محاكاة جر احية عدسة العين Eyesi، مما يبرز الاختلاف في النتيجة بين الجر احين المبتدئين ذوي

الخبرة.

في الواقع، كما يجب أن يكون التعلم بالاوليو لجر احية الساد عن طريق استحلاب العدسة جزءاً لا يتجزأ من برنامج المحاكاة الافتراضية قبل الانتقال إلى النظر وفال

حقيقية، خاصة وأن العديد من الدراسات أثبتت أن بدء جر احية الساد على جهاز محاكاة Eyesi قد حسّن مهاراتهم وكفاءتهم في تنفيذ العمليات.

وتعتبر المحاكاة عاملاً أساسياً مطلوباً من اجل التدرج في تعلم جر احية الساد بالاوليو من قبل الأطباء المقيمين.



ANNEXE



Annexe 1 :
**Questionnaire d'évaluation de l'impact de la simulation dans
l'initiation à la chirurgie de la cataracte.**

- Cette étude a pour but d'évaluer l'intérêt de simulateur de chirurgie de cataracte dans la formation des résidents d'ophtalmologie.
- Nous vous serons très reconnaissants de votre participation à cette enquête par votre réponse à ce questionnaire.
- Les informations recueillies demeureront anonymes et confidentielles.

I. Caractéristiques sociodémographiques des participants :

1. Année de Résidanat : année.
2. Age : ans.
3. Sexe : Homme Femme
4. Pays :.....

II. Formation chirurgicale sur le simulateur de chirurgie de cataracte Eyesi :

- Ce simulateur propose différents modules de formation comportant des exercices de difficulté croissante.
- 4 modules ont été sélectionnés pour notre étude : (tableau 1)
 - Module anti-tremblement exercice du Basic skills training
 - 3 modules spécifiques à la chirurgie de cataracte par phacoémulsification (le capsulorhéxis, la phacoémulsification et l'aspiration des masses cristalliniennes)
- Chacun de ces exercices vont être répétés 2 fois et vous enregistrez les résultats des paramètres étudiés (tâche achevée, temps, traitement des tissus et score final) lors du 2^{ème} essai.

A. Basic skills training

Tableau 2 : résultats des exercices du module anti-tremblement

Niveau 1

Tâche achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Niveau 2 :

Tâche achevée
Temps

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Niveau 3

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Niveau 4

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

niveau 5

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Niveau 6

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Niveau 7

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

B. Surgical training

Tableau 3 : résultats des exercices de l'étape capsulorhéxis

Exercice 1

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 2 :

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 3

Tache achevée

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 4

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Tableau 4 : résultats des exercices de l'étape phacoémulsification

Exercice 1

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 2 :

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 3 :

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 4

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 5 :

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 6 :

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 7

Tache achevée
Temps

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 8 :

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Tableau 5 : résultats des exercices de l'étape irrigation et aspiration des masses cristalliniennes.

Exercice 1

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 2 :

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 3 :

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 4 :

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

Exercice 5 :

Tache achevée
Temps
Utilisation des instruments
Traitement des tissus
Score final (/100)

III. commentaires et suggestions des participants :

1. points forts de la simulation :
2. difficultés rencontrés lors de la simulation :
3. proposition des suggestions d'amélioration :

Annexe 2 :

Ressources Pédagogiques

La Simulation s'affirme comme une méthode pédagogique active et innovante. Elle est basée sur l'apprentissage expérientiel, la pratique réflexive et sur l'idée qu'il est important de développer les compétences avant, pendant et après interactions avec les « vrais » patients. Elle ouvre une infinie voie de recherche sous ses formes les plus diverses.

Le Centre de Simulation de la FMPM (CSIS) dispose de multiples ressources pédagogiques : mannequins grandeur nature, plus ou moins sophistiqués et utilisés au travers des scénarios établis rendant la situation extrêmement proche de la réalité.

Radiologie



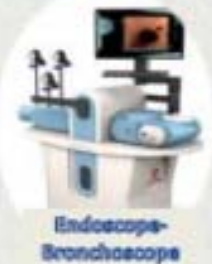
Pédiatrie



Chirurgie



Endoscopie



Gynécologie - Obstétrique



Simulation Clinique



Anatomie





BIBLIOGRAPHIE



Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

1. **Lindstrom R.** Thoughts on Cataract Surgery, Review Of Ophthalmology, 9 mars 2015. disponible sur: ([Thoughts on Cataract Surgery: 2015 \(reviewofophthalmology.com\)](http://www.reviewofophthalmology.com)).
2. **Kelman CD.** Phaco-Emulsification and Aspiration: A new technique of cataract removal: A preliminary report. American Journal Ophthalmology ; 64,1:23-35.
3. **Linebarger EJ, Hardten DR, Shah GK, Lindstrom RL.** Phacoemulsification and Modern Cataract Surgery. Surv Ophthalmol, 1 sept 1999; 44,2:123-147.
4. **Adnane I, Chahbi M, El belhadji M.** Simulation virtuelle pour l'apprentissage de la chirurgie de cataracte. journal français d'ophtalmologie, avril 2020; 43,4:334-340.
5. **Dooley IJ, O'Brien PD.** Subjective difficulty of each stage of phacoemulsification cataract surgery performed by basic surgical trainees. J Cataract Refract Surg, avril 2006;32,4:604-608.
6. **Bennaoui Y.** impact de la simulation d'ostéosynthèse sur maquette dans la chirurgie maxillo-faciale, thèse de doctorat en médecine, Fmpm, 2018.
7. **Nayer ZH, Murdock B, Dharia IP, Belyea DA.** Predictive and construct validity of virtual reality cataract surgery simulators. J Cataract Refract Surg, juin 2020;46,6:907-912.
8. **Nacer O.** Simulation médicale et Education thérapeutique : A travers des expériences d'enseignement à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Marrakech, thèse de doctorat en médecine, Fmpm, 2017.
9. **Strand P.** Histoire de l'opération de la cataracte. SNOF, 2002. Disponible sur: (<https://www.snof.org/encyclopedie/histoire-de-loperation-de-la-cataracte>)
10. **Ibrahim B.** Islamic Medicine 1000 years ahead of its times journal of the international society for the History of Islamic Medicine, 2002; 6,7:2-9
11. **Fadden M.** Cataract Surgery: History and Intraocular Lens Implants. Indiana eye clinic 2003. Disponible sur: (http://www.wprkom.com/ataract/history_of_lens_implants.html).
12. **Kecová H, Nečas A.** Phacoemulsification and Intraocular Lens Implantation: Recent Trends in Cataract Surgery. Acta Vet Brno, 2004;73,1:85-92.
13. **Kelman CD.** In tune with the father of phacoemulsification. J Cataract Refract Surg, octobre 1997; 23,8:1128-9
14. **Gatinel D.** Chirurgie de la cataracte en images. Dr. Damien Gatinael Ophthalmologie, chir de la cataracte 2012. Disponible sur: (<https://www.gatinel.com/chirurgie-de-la-cataracte/chirurgie-de-la-cataracte-en-images/>)
15. **Blumen-Ohana E.** Les grandes étapes de la chirurgie de la cataracte en image. Disponible sur: (<https://chirurgie-ophtalmologie-paris.com/les-grandes-etapes-de-la-chirurgie-en-images-2/>) (consulté le 20/02/2022).

16. **Gurnani B, Kaur K.** Phacoemulsification. National Institutes of Health, 2022; 8,6:12-16
17. **Resnikoff S, Pascolini D, Pokharel G.** Global data on visual impairment. Bull World Health Organ, 2009; 82,84,4-11.
18. **G, Gupta PK, Goernert P. et al.** Outcomes of femtosecond laser arcuate incisions in the treatment of low corneal astigmatism. Clin Ophthalmol, 2020;14:2229–2236
19. **Trinh L, Denoyer A, Auclin F, Baudouin C.** Chirurgie de la cataracte assistée par laser. journal français d'ophtalmologie 2015; 38,7:646-655.
20. **Vincent D, Maxence.** Laser femtoseconde LenSx. Reflexions Ophtalmologiques 2018; 17,155:13-14.
21. **Tahiri Joutei Hassani R, Sandali O, Ouadfel A, Packer M, Romano F, Thuret G, et al.** Que sera la chirurgie de la cataracte du futur? Alternatives et voies de développement. Journal Français Ophtalmologie nov 2020; 43,9:929-43.
22. **Baltimore JJ.** The hospital clinical preceptor: essential preparation for success. J Contin Educ Nurs, juin 2004; 35,3:133-40.
23. **Touchie C, Humphrey-Murto S, Varpio L.** Teaching and assessing procedural skills: a qualitative study. BMC Med Educ, 14 mai 2013;13,1:69.
24. **Dolmans D, Wolfhagen H, Essed G, Scherpbier A, van der Vleuten C.** Students' perceptions of time spent during clinical rotations. Med Teach, 1 janv 2001; 23,5:471-5
25. **Remmen R, Denekens J, Scherpbier A, Hermann I et al.** An evaluation study of the didactic quality of clerkships. Medical Education 2010 ;34,6:460-464.
26. **Mahmoudi A, Noomen F, Nasr M, Zouari K, Hamdi A.** Evaluation de la formation des résidents en chirurgie générale et digestive en Tunisie, 31 août 2015;21:328.
27. **Kherchittou Y.** Evaluation d'un programme de raisonnement clinique et résolution de problème à travers des séances de « Serious Game » chez des étudiants de 3ème année de médecine. Thèse de doctorat en médecine, FMPM 2020.
28. **Boet S, Granry JC, Savoldelli G.** La simulation en santé: de la théorie à la pratique. Paris Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag France, 2013, 978-2-8178-0468-2.
29. **Jones F, Passos-Neto CE, Braghiroli OFM.** Simulation in Medical Education: Brief history and methodology. Principales And Practice Of Clinical Reseach 2015;1,2:12-15.
30. **Debbagh Hattab F.** Apprentissage procédural de la chirurgie des cancers cutanés en Chirurgie Maxillo Faciale : Préceptorat, simulation et compagnonnage. Thèse de doctorat en médecine, FMPM, 2019.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

31. **Amzallag T, Rozot P.** Livre chirurgie de la cataracte. 1^{ère} édition. Issy les moulineaux cedex, France: Elsevier, 2018:348 .
32. **Randleman J, Wolfe J, Woodward M, Lynn M, Cherwek D, Srivastava S.** The resident surgeon phacoemulsification learning curve. Arch Ophthalmol Chic Ill 1960, sept 2007;125,9:1215-9
33. **Bell CM, Hatch WV, Cernat G, Urbach DR.** Surgeon volumes and selected patient outcomes in cataract surgery: a population-based analysis. Ophthalmology, mars 2007;114,3:405-410.
34. **Martin KRG, Burton RL.** The phacoemulsification learning curve: Per-operative complications in the first 3000 cases of an experienced surgeon Eye. Royal College Of Ophtalmology, mars 2000;14,2:190-195.
35. **Hosler MR, Scott IU, Kunselman AR, Wolford KR, Oltra EZ, Murray WB.** Impact of resident participation in cataract surgery on operative time and cost. American Academy Of Ophthalmology, janv 2012;119,1:95-98.
36. **Yamamoto A, Hara T, Kikuchi K, Hara T, Fujiwara T.** Intraoperative stress experienced by surgeons and assistants. ophtalmic Surg Laser, janv 1999;30,1:27-30.
37. **Hu YG, Liu QP, Gao N, Wu CR, Zhang J, Qin L, et al.** Efficacy of wet-lab training versus surgical-simulator training on performance of ophthalmology residents during chopping in cataract surgery. Int J Ophthalmol, 18 mars 2021;14,3:366-370.
38. **Randleman JB, Wolfe JD, Woodward M, Lynn MJ, Cherwek DH, Srivastava SK.** The resident surgeon phacoemulsification learning curve. Arch Ophthalmol Chic Ill 1960, sept 2007;125,9:1215-1219.
39. **Rousseau A, Bourges JL.** intérêt de la simulation dans la formation des internes à la chirurgie. Cah Ophtalmol, Avril 2021; 8,24:434-7.
40. **Savian TR.** Formation en chirurgie de la cataracte dans des simulateurs de réalité virtuelle. Rev Científica Multidiscip Núcleo Conhecimento, janv 2020;06,01:05-22.
41. **Rossi JV, Verma D, Fujii GY, Lakhanpal RR, Wu SL, Humayun MS, et al.** Virtual vitreoretinal surgical simulator as a training tool. The Journal Of Retinal And Vitreous Diseases, avril 2004; 24,2:231-236.
42. **COLNÉ J, Conart B, Luc A, Perrenot C, Berrod P, Angioi K.** simulateur de chirurgie de cataracte Eyesi: Validité de construction des modules capsulorhexis, phacoémulsification et aspiration des masses cristalliniennes. Journal Français d'Ophtalmologie, 2017; 42,1:49-56.
43. **Chakrabarti M, Rani John S, Chakrabarti A.** The Eyesi: Ophthalmic Surgical Simulator. KERALA JOURNAL OF OPHTHALMOLOGY, 2009;21,3:280-284.

44. **Pokroy R, Du E, Alzaga A, Khodadadeh S, Steen D, Bachynski B, et al.** Impact of simulator training on resident cataract surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, mars 2013; 251,3:777-781.
45. **Solverson DJ, Mazzoli RA, Raymond WR, Nelson ML, Hansen EA, Torres MF, et al.** Virtual Reality Simulation in Acquiring and Differentiating Basic Ophthalmic Microsurgical Skills. *Journal Of Society Simulation un Healthcare*, 2009; 4,2:98-103.
46. **Lowry EA, Porco TC, Naseri A.** Cost analysis of virtual-reality phacoemulsification simulation in ophthalmology training programs. *Journal Cataract Refract Surg*, oct 2013;39,10:1616-7
47. **Eyesi Surgical Training Simulator for Intraocular Surgery.** Haag-Streit Simulation, Turley-Str, Germany 2021. Disponible sur: (<https://www.vrmagic.com/wp-content/uploads/2021/03/eyes-surgical-brochure-EN-WEB.pdf>)
48. **Eyesi Surgical Simulator.** VRmagic, Turley-Str 20, Germany 2015. Disponible sur: (<https://www.toshibromedicals.com/uploads/products/pdf/eyes-surgical-simulator-29.pdf>)
49. **Emily Li, Alfred A Paul, Paul B Greenberg.** the virtual cataract surgery course manual for ophthalmology residents 2016 Edition. Disponible sur: (<https://repository.library.brown.edu/studio/item/bdr:583598/PDF/?embed=true?embed=true>)
50. **Barrier J, Balde N, Brazeau-Lamontagne L, Normand S, Essoussi A, Fiche M, et al.** L'évaluation de l'enseignement : pour quelles décisions ?. *Pédagogie Médical*, 2006;7,4:238-47.
51. **Al-Ayed IH, Sheik SA.** Assessment of the educational environment at the College of Medicine of King Saud University, Riyadh. *East Mediterranean Health Journal*, août 2008;14,4:953-9
52. **Hajjine A.** Motivation pour les études médicales : étudiants du deuxième cycle FMPM. Thèse de doctorat en médecin, FMPM, 2017.
53. **Rouprêt M, Maggiori L, Lefevre JH.** Upcoming female preponderance within surgery residents and the association of sex with the surgical career choice in the new millennium: results from a national survey in France. *American Journal Surgery*, août 2011;202,2:237-242.
54. **Sikder S, Tuwairqi K, Al-Kahtani E, Myers WG, Banerjee P.** Surgical simulators in cataract surgery training. *Br J Ophthalmol*, février 2014;98,2:154-158.
55. **Banerjee PP, Edward DP, Liang S, Bouchard CS, Bryar PJ, Ahuja R, et al.** Concurrent and face validity of a capsulorhexis simulation with respect to human patients. *Stud Health Technol Inform*, 2012;173:35-41.
56. **Mahr MA, Hodge DO.** Construct validity of anterior segment anti-tremor and forceps surgical simulator training modules: Attending versus resident surgeon performance. *Journal Of Cataract And Refractive Surgery*, juin 2008;34,6:980-985.

57. **Thomsen ASS, Kiilgaard JF, Kjørbo H, la Cour M, Konge L.** Simulation-based certification for cataract surgery. *Acta Ophthalmol*, 2015;93,5:416-421.
58. **Adatia FA, Lam WC.** Virtual reality ophthalmic surgical simulation as a feasible training and assessment tool: results of a multicentre study. *Canadian Journal of Ophthalmology*, 2011;46,1:56-60.
59. **Bergqvist J, Person A, Vestergaard A, Grauslund J.** Establishment of a validated training programme on the Eyesi cataract simulator. A prospective randomized study. *Acta Ophthalmol*, 2014;92,7:629-634.
60. **Saleh GM, Theodoraki K, Gillan S, Sullivan P, O'Sullivan F, Hussain B, et al.** The development of a virtual reality training programme for ophthalmology: repeatability and reproducibility (part of the International Forum for Ophthalmic Simulation Studies). *Eye Lond Engl*, 2013;27,11:1269-1274.
61. **Bozkurt Oflaz A, Ekinci Köktekir B, Okudan S.** Does Cataract Surgery Simulation Correlate with Real-life Experience?. *Turkish Journal of Ophthalmology*, juin 2018;48,3:122-126.
62. **Feldman BH, Ake JM, Geist CE.** Virtual reality simulation. *Ophthalmology*, avril 2007;114,4:828:1-4.
63. **Olné J, Conart B, Luc A, Perrenot C, Berrod P, Angioi K.** simulateur de chirurgie de cataracte Eyesi. *Journal Français d'Ophtalmologie*, 2017; 42,1:49-56.
64. **Privett B, Greenlee E, Rogers G, Oetting TA.** Construct validity of a surgical simulator as a valid model for capsulorhexis training. *J Cataract Refract Surg*, nov 2010;36,11:1835-1838.
65. **Selvander M, Åsman P.** Cataract surgeons outperform medical students in Eyesi virtual reality cataract surgery: evidence for construct validity. *Acta Ophthalmol*, 2013;91,5:469-474.
66. **Selvander M, Åsman P.** Virtual reality cataract surgery training: learning curves and concurrent validity. *Acta Ophthalmol*, 2012;90,5:412-417.
67. **Bisol T, Bisol RA de R, Rezende F.** Efficacy of Eyesi surgical simulator training in improving high-tension capsules capsulorhexis performance. *Rev Bras Oftalmol*, octobre 2016;75:376-9
68. **Jacobsen MF, Konge L, Bach-Holm D, la Cour M, Holm L, Højgaard-Olsen K, et al.** Correlation of virtual reality performance with real-life cataract surgery performance. *Journal Cataract Refract Surg*, septembre 2019;45,9:1246-1251.
69. **Roohipoor R, Yaseri M, Teymourpour A, Kloek C, Miller JB, Loewenstein JI.** Early Performance on an Eye Surgery Simulator Predicts Subsequent Resident Surgical Performance. *J Surg Educ*, déc 2017;74(6):1105-15.

Impact de la simulation dans l'initiation à la chirurgie de cataracte.

70. **Thomsen ASS, Smith P, Subhi Y, Cour M la, Tang L, Saleh GM, et al.** High correlation between performance on a virtual-reality simulator and real-life cataract surgery. *Acta Ophthalmol*, 2017;95,3:307-311.
71. **Ahmed TM, Hussain B, Siddiqui MAR.** Can simulators be applied to improve cataract surgery training: a systematic review. *BMJ Open Ophthalmology*, septembre 2020;5,1:48-8.
72. **Wisse R, Coster T, Schaaf MF, ten Cate O.** The Eyesi simulator in training ophthalmology residents: Results of a pilot study on self-efficacy, motivation and performance. *BMJ Simul Technol Enhanc Learn*, 10 avr 2017;3,3:111-115.
73. **Adnane I, Chahbi M, El belhadji M.** Simulation virtuelle pour l'apprentissage de la chirurgie de cataracte. *journal français d'ophtalmologie*, avril 2020; 43,4:334-340.
74. **Belyea DA, Brown SE, Rajjoub LZ.** Influence of surgery simulator training on ophthalmology resident phacoemulsification performance. *Journal Cataract Refract Surg*, octobre 2011;37,10:1756-1761.
75. **Lopez-Beauchamp C, Singh GA, Shin SY, Magone MT.** Surgical simulator training reduces operative times in resident surgeons learning phacoemulsification cataract surgery. *Am J Ophthalmol Case Rep*, 9 déc 2019;17:100576.
76. **Ferris JD, Donachie PH, Johnston RL, Barnes B, Olaitan M, Sparrow JM.** Royal College of Ophthalmologists' National Ophthalmology Database study of cataract surgery: report 6. The impact of EyeSi virtual reality training on complications rates of cataract surgery performed by first and second year trainees. *British Journal of Ophthalmology*, mars 2020;104,3:324-329.
77. **McCannel CA, Reed DC, Goldman DR.** Ophthalmic surgery simulator training improves resident performance of capsulorhexis in the operating room. *Ophthalmology*, décembre 2013; 120,12:2456-61.
78. **Baxter JM, Lee R, Sharp J a. H, Foss AJE,** Intensive Cataract Training Study Group. Intensive cataract training: A Novel Approach, juin 2013; 27,6:742-6



قسم الطبيب

أقسم بالله العظيم

أن أراقب المهنة التي.

وأنصون حياة الإنسان في كافة أطوارها في كل الظروف

والأحوال الباد لا وسعيفيانقاذها من الهلاك والمرض

والأموال القلق.

وأن أحفظ للناسكرامتهم، وأستر عورتهم، وأكتم سرهم.

وأن أكون نعل بالدوام من وسائل رحمة الله،

بأذلال عايتي الطبية للقريبو البعيد، للصالحو الطالح، والصديقو العدو.

وأن أثابر على طلب العلم، وأسخره لنفع الإنسان لا لأذاه.

وأن أوقر من علمني، وأعلم مني صغري، وأكون أخال كل زميل في المهنة الطبية

متعاونين على البر والتقوى.

وأن تكون حياتي مصداقاً لآية نبي الله صلى الله عليه وسلم: «يا أيها الناس، أوفوا بالعقود»

نقية مما يشينها تجاهها الهور سؤل هو المؤمنين.

والله علما أقول شهيدا

أطروحة رقم 166

سنة 2022

صلاحية جهاز محاكاة EyeSi لبدء جراحة

الساد الأطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم 2022/05/30

من طرف

السيد أيوب حمداوي

ي 1995/12/31 ب بني ملال

المزداد ف

طبيب داخلي سابق بالمستشفى الجامعي محمد السادس

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية:

سد – تدريب – محاكي Eyesi – استحلاب العدسة

اللجنة

الرئيس

ع. متوكل

السيد

المشرف

أستاذ في طب العيون

إ. حاجي

السيدة

أستاذة في طب العيون

أ. غ. الأديب

السيد

الحكام

أستاذ في طب الإنعاش و التخدير

س. بلغمدي

السيدة

أستاذة في طب العيون