



# Simulateur de chirurgie de cataracte EyeSi: validité de construction des modules capsulorhexis, phacoémulsification et aspiration des masses cristalliniennes

Julie Colné

► **To cite this version:**

Julie Colné. Simulateur de chirurgie de cataracte EyeSi: validité de construction des modules capsulorhexis, phacoémulsification et aspiration des masses cristalliniennes. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. hal-01931983

**HAL Id: hal-01931983**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01931983>**

Submitted on 23 Nov 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

## **THÈSE**

pour obtenir le grade de

### **DOCTEUR EN MÉDECINE**

Présentée et soutenue publiquement le 13 septembre 2017  
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée  
par

**Julie COLNÉ**

Née le 17 Avril 1988 à Épinal

## **Simulateur de chirurgie de cataracte EyeSi : Validité de construction des modules capsulorhexis, phacoémulsification et aspiration des masses cristalliniennes**

Examineurs de la thèse et membres du jury :

Mme le Professeur Karine Angioi-Duprez	Président du jury
M. le Professeur Jean-Paul Berrod	Juge
M. le Professeur Jean Auque	Juge
M. le Docteur Jean-Baptiste Conart	Directeur de thèse
M. le Docteur Jérôme Selton	Juge



**Président de l'Université de Lorraine :**  
**Professeur Pierre MUTZENHARDT**

**Doyen de la Faculté de Médecine**  
**Professeur Marc BRAUN**

**Vice-doyens**

Pr Karine ANGIOI-DUPREZ, Vice-Doyen

Pr Marc DEBOUVERIE, Vice-Doyen

**Asseseurs :**

**Premier cycle :** Dr Guillaume GAUCHOTTE

**Deuxième cycle :** Pr Marie-Reine LOSSER

**Troisième cycle :** Pr Marc DEBOUVERIE

*Innovations pédagogiques :* Pr Bruno CHENUÉL

*Formation à la recherche :* Dr Nelly AGRINIER

*Animation de la recherche clinique :* Pr François ALLA

*Affaires juridiques et Relations extérieures :* Dr Frédérique CLAUDOT

*Vie Facultaire et SIDES :* Pr Laure JOLY

*Relations Grande Région :* Pr Thomas FUCHS-BUDER

*Etudiant :* M. Lucas SALVATI

**Chargés de mission**

*Bureau de docimologie :* Dr Guillaume VOGIN

*Commission de prospective facultaire :* Pr Pierre-Edouard BOLLAERT

*Orthophonie :* Pr Cécile PARIETTI-WINKLER

*PACES :* Dr Chantal KOHLER

*Plan Campus :* Pr Bruno LEHEUP

*International :* Pr Jacques HUBERT

=====

**DOYENS HONORAIRES**

Professeur Jean-Bernard DUREUX - Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER - Professeur Henry COUDANE

=====

**PROFESSEURS HONORAIRES**

Etienne ALIOT - Jean-Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Jean AUQUE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY

Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL - Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE

Jean-Louis BOUTROY - Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL

Claude CHARDOT - Jean-François CHASSAGNE - François CHERRIER - Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY

Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Jean DUHEILLE - Jean-Bernard DUREUX - Gilbert FAURE -

Gérard FIEVE - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Alain GERARD -

Hubert GERARD

Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Gilles GROSDIDIER - Oliéro GUERCI - Philippe

HARTEMANN - Gérard HUBERT - Claude HURIET - Christian JANOT - Michèle KESSLER - François KOHLER -

Jacques LACOSTE

Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain LE FAOU - Jacques

LECLERE

Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN - Jean-Claude MARCHAL -

Pierre MATHIEU

Michel MERLE - Pierre MONIN - Pierre NABET - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN -

Gilbert PERCEBOIS Claude PERRIN - Luc PICARD - François PLENAT - Jean-Marie POLU - Jacques POUREL  
- Jean PREVOT - Francis RAPHAEL  
Antoine RASPILLER – Denis REGENT - Michel RENARD - Jacques ROLAND - Daniel SCHMITT - Michel  
SCHMITT  
Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC - Claude SIMON - Danièle SOMMELET - Jean-François  
STOLTZ  
Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Gérard VAILLANT - Paul VERT – Hervé VESPIGNANI - Colette  
VIDAILHET  
Michel VIDAILHET - Jean-Pierre VILLEMOT - Michel WEBER

=====

## **PROFESSEURS ÉMÉRITES**

Professeur Etienne ALIOT - Professeur Gérard BARROCHE - Professeur Pierre BEY – Professeur Serge  
BRIANÇON  
Professeur Jean-Pierre CRANCE - Professeur Gilbert FAURE - Professeur Alain GERARD - Professeure  
Michèle KESSLER - Professeur Jacques LECLÈRE - Professeur Alain LE FAOU - Professeur Jean-Marie  
GILGENKRANTZ - Professeure Simone GILGENKRANTZ – Professeur Gilles GROSDIDIER - Professeur  
Philippe HARTEMANN - Professeur François KOHLER  
Professeur Alain LE FAOU - Professeur Pierre MONIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS – Professeur Luc  
PICARD - Professeur François PLENAT - Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC - Professeur Jean-François  
STOLTZ - Professeur Paul VERT - Professeur Michel VIDAILHET

=====

## **PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

*(Disciplines du Conseil National des Universités)*

### **42<sup>ème</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE**

#### **1<sup>ère</sup> sous-section : (*Anatomie*)**

Professeur Marc BRAUN – Professeure Manuela PEREZ

#### **2<sup>ème</sup> sous-section : (*Histologie, embryologie et cytogénétique*)**

Professeur Christo CHRISTOV – Professeur Bernard FOLIGUET

#### **3<sup>ème</sup> sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)**

Professeur Jean-Michel VIGNAUD – Professeur Guillaume GAUCHOTTE

### **43<sup>ème</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE**

#### **1<sup>ère</sup> sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)**

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

#### **2<sup>ème</sup> sous-section : (*Radiologie et imagerie médicale*)**

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeur Serge BRACARD - Professeur Michel  
CLAUDON Professeure Valérie CROISÉ-LAURENT - Professeur Jacques FELBLINGER

### **44<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION**

#### **1<sup>ère</sup> sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)**

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur Bernard NAMOUR - Professeur Jean-Luc OLIVIER

#### **2<sup>ème</sup> sous-section : (*Physiologie*)**

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUÉL - Professeur François MARCHAL

#### **4<sup>ème</sup> sous-section : (*Nutrition*)**

Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT - Professeur Olivier ZIEGLER

### **45<sup>ème</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE**

#### **1<sup>ère</sup> sous-section : (*Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*)**

Professeur Alain LOZNIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

#### **2<sup>ème</sup> sous-section : (*Parasitologie et Mycologie*)**

Professeure Marie MACHOUART

#### **3<sup>ème</sup> sous-section : (*Maladies infectieuses ; maladies tropicales*)**

Professeur Thierry MAY - Professeure Céline PULCINI - Professeur Christian RABAUD

### **46<sup>ème</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ**

#### **1<sup>ère</sup> sous-section : (*Épidémiologie, économie de la santé et prévention*)**

Professeur François ALLA - Professeur Francis GUILLEMIN - Professeur Denis ZMIROU-NAVIER

#### **3<sup>ème</sup> sous-section : (*Médecine légale et droit de la santé*)**

Professeur Henry COUDANE

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)**

Professeure Eliane ALBUISSON - Professeur Nicolas JAY

**47<sup>ème</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Hématologie ; transfusion)**

Professeur Pierre FEUGIER

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)**

Professeur Thierry CONROY - Professeur François GUILLEMIN - Professeur Didier PEIFFERT - Professeur Frédéric MARCHAL

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Immunologie)**

Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT – Professeure Marie-Thérèse RUBIO

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Génétique)**

Professeur Philippe JONVEAUX - Professeur Bruno LEHEUP

**48<sup>ème</sup> Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence)**

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER

Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Réanimation ; médecine d'urgence)**

Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)**

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU - Professeur Patrick NETTER

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)**

Professeur François PAILLE - Professeur Patrick ROSSIGNOL - Professeur Faiez ZANNAD

**49<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Neurologie)**

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Luc TAILLANDIER - Professeure Louise TYVAERT

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Neurochirurgie)**

Professeur Jean AUQUE - Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS - Professeur Olivier KLEIN

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)**

Professeur Jean-Pierre KAHN - Professeur Raymund SCHWAN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)**

Professeur Bernard KABUTH

**5<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)**

Professeur Jean PAYSANT

**50<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Rhumatologie)**

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)**

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur Daniel MOLE - Professeur François SIRVEAUX

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Dermato-vénéréologie)**

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)**

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

**51<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Pneumologie ; addictologie)**

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT - Professeur Yves MARTINET

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cardiologie)**

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET - Professeur Yves JUILLIERE

Professeur Nicolas SADOUL

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)**

Professeur Thierry FOLLIGUET - Professeur Juan-Pablo MAUREIRA

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)**

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY

**52<sup>ème</sup> Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)**

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Néphrologie)**

Professeur Luc FRIMAT - Professeure Dominique HESTIN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Urologie)**

Professeur Pascal ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

**53<sup>ème</sup> Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE, CHIRURGIE GÉNÉRALE ET MÉDECINE GÉNÉRALE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie)**

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeure Gisèle KANNY

Professeure Christine PERRET-GUILLAUME – Professeur Roland JAUSSAUD – Professeure Laure JOLY

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie générale)**

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine générale)**

Professeur Jean-Marc BOIVIN – Professeur Paolo DI PATRIZIO

**54<sup>ème</sup> Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Pédiatrie)**

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET

Professeur Emmanuel RAFFO - Professeur Cyril SCHWEITZER

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie infantile)**

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)**

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)**

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

**55<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)**

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Ophtalmologie)**

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD - Professeur Jean-Luc GEORGE

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)**

Professeure Muriel BRIX

=====  
**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS**

**61<sup>ème</sup> Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL**

Professeur Walter BLONDEL

**64<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER

=====  
**PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE**

Professeur associé Sophie SIEGRIST

=====  
**MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

**42<sup>ème</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Anatomie)**

Docteur Bruno GRIGNON

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Histologie, embryologie et cytogénétique)**

Docteure Chantal KOHLER

**43<sup>ème</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)**

Docteur Jean-Marie ESCANYE

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)**

Docteur Damien MANDRY - Docteur Pedro TEIXEIRA

#### **44<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)**

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle AIMONE-GASTIN

Docteure Catherine MALAPLATE-ARMAND - Docteur Marc MERTEN - Docteur Abderrahim OUSSALAH

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Physiologie)**

Docteure Silvia DEMOULIN-ALEXIKOVA - Docteur Mathias POUSSEL

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Biologie Cellulaire)**

Docteure Véronique DECOT-MAILLERET

#### **45<sup>ème</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)**

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Parasitologie et mycologie)**

Docteure Anne DEBOURGOGNE

#### **46<sup>ème</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Epidémiologie, économie de la santé et prévention)**

Docteure Nelly AGRINIER - Docteur Cédric BAUMANN - Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE

**2<sup>ème</sup> sous-section (Médecine et Santé au Travail)**

Docteure Isabelle THAON

**3<sup>ème</sup> sous-section (Médecine légale et droit de la santé)**

Docteur Laurent MARTRILLE

#### **47<sup>ème</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Hématologie ; transfusion)**

Docteure Aurore PERROT – Docteur Julien BROSEUS (*stagiaire*)

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)**

Docteure Lina BOLOTINE – Docteur Guillaume VOGIN (*stagiaire*)

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Génétique)**

Docteure Céline BONNET - Docteur Christophe PHILIPPE

#### **48<sup>ème</sup> Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Réanimation ; Médecine d'urgence)**

Docteur Antoine KIMMOUN

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)**

Docteur Nicolas GAMBIER - Docteure Françoise LAPICQUE - Docteur Julien SCALA-BERTOLA

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Thérapeutique ; Médecine d'urgence ; addictologie)**

Docteur Nicolas GIRERD

#### **50<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Rhumatologie)**

Docteure Anne-Christine RAT

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Dermato-vénéréologie)**

Docteure Anne-Claire BURSZTEJN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)**

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

#### **51<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire)**

Docteur Fabrice VANHUYSE

#### **52<sup>ème</sup> Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)**

Docteur Jean-Baptiste CHEVAUX



**53<sup>ème</sup> Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE, CHIRURGIE GÉNÉRALE ET MÉDECINE GÉNÉRALE**

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine générale)**

Docteure Elisabeth STEYER

**54<sup>ème</sup> Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**5<sup>ème</sup> sous-section : (Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)**

Docteure Isabelle KOSCINSKI

**55<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Oto-Rhino-Laryngologie)**

Docteur Patrice GALLET

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES**

**5<sup>ème</sup> Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES**

Monsieur Vincent LHUILLIER

**7<sup>ème</sup> Section : SCIENCES DU LANGAGE : LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES**

Madame Christine DA SILVA-GENEST

**19<sup>ème</sup> Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE**

Madame Joëlle KIVITS

**60<sup>ème</sup> Section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE, GÉNIE CIVIL**

Monsieur Alain DURAND

**64<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA - Monsieur Pascal REBOUL

**65<sup>ème</sup> Section : BIOLOGIE CELLULAIRE**

Madame Nathalie AUCHET - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ - Monsieur Jean-Louis GELLY  
Madame Céline HUSELSTEIN - Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE - Monsieur Christophe NEMOS

**66<sup>ème</sup> Section : PHYSIOLOGIE**

Monsieur Nguyen TRAN

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE**

Docteur Pascal BOUCHE – Docteur Olivier BOUCHY - Docteur Arnaud MASSON – Docteur Cédric BERBE  
Docteur Jean-Michel MARTY

=====

**DOCTEURS HONORIS CAUSA**

Professeur Charles A. BERRY (1982)  
*Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)*  
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)  
*Brown University, Providence (U.S.A)*  
Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)  
*Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)*  
Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)  
*Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)*  
*Université de Pennsylvanie (U.S.A)*  
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)  
*Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)*

Professeure Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)  
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)  
*Université d'Helsinki (FINLANDE)*  
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)  
*Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)*  
Professeur Daniel G. BICHET (2001)  
*Université de Montréal (Canada)*  
Professeur Marc LEVENSTON (2005)  
*Institute of Technology, Atlanta (USA)*

Professeur Brian BURCHELL (2007)  
*Université de Dundee (Royaume-Uni)*  
Professeur Yunfeng ZHOU (2009)  
*Université de Wuhan (CHINE)*  
Professeur David ALPERS (2011)  
*Université de Washington (U.S.A)*  
Professeur Martin EXNER (2012)  
*Université de Bonn (ALLEMAGNE)*

**A notre Présidente de Thèse**

**Madame le Professeur Karine Angioi-Duprez**

Professeur d'Ophtalmologie

Vous nous faites l'honneur de présider cette thèse et de juger ce travail.

Vos connaissances sont pour nous un modèle.

Nous vous sommes reconnaissants pour la bienveillance dont vous avez toujours fait preuve à notre égard, votre soutien, vos précieux conseils tout au long de l'élaboration de cette étude et de notre internat et pour votre grande disponibilité.

Nous espérons par ce travail avoir été dignes de votre confiance.

Soyez assurée de nos remerciements les plus sincères et de notre fidèle dévouement.

## **A notre Juge**

**Monsieur Le Professeur Berrod**

Professeur d'Ophtalmologie

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger notre travail.

Nous vous sommes très reconnaissants du savoir que vous nous avez transmis. Nous vous remercions pour la qualité de votre encadrement et votre patience.

Vos connaissances, votre dextérité chirurgicale (et votre talent culinaire) sont pour nous des modèles.

Veillez trouver ici l'expression de notre gratitude et de notre profond respect.

**A notre Juge**

**Monsieur le Professeur Jean Auque**

Professeur de Neurochirurgie

Vous nous faites l'honneur de juger ce travail et nous vous en remercions.

Vous avez été notre premier maitre de stage, notre deuxième puis vous avez failli être le seul...

Vos enseignements, la disponibilité et la bienveillance dont vous avez fait preuve à notre égard, ont marqué notre parcours.

Veillez trouver ici l'expression de notre gratitude et de notre profond respect.

**A notre directeur de Thèse**

**Monsieur le Docteur Conart**

Docteur en ophtalmologie

Vous nous avez fait l'honneur de nous confier ce sujet et de nous guider tout au long de sa réalisation.

Nous vous remercions pour votre patience, votre rigueur et vos conseils avisés et nous espérons que ce travail réponde à vos attentes.

Nous vous sommes très reconnaissants du savoir que vous nous avez transmis. Vos qualités humaines, votre dévouement envers les patients et tout le service ainsi que votre dextérité chirurgicale sont pour nous un modèle.

Soyez assuré de notre profonde admiration.

**A notre Juge**

**Monsieur le Docteur Selton**

Docteur en ophtalmologie

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Vous avez accompagné nos premiers pas dans la discipline et avez toujours conservé un regard bienveillant sur notre parcours. Nous vous remercions pour la qualité de votre enseignement médical et chirurgical, votre disponibilité, votre patience, votre humour et votre sang-froid.

Soyez assuré de notre reconnaissance et de notre profond respect.

## **A mes maitres d'internats :**

A Monsieur le Professeur George : vous m'avait fait découvrir et aimer la chirurgie orbito-palpébrale et la strabologie et je vous en serai à jamais reconnaissante. J'aimerai, un jour, pouvoir cuisiner comme vous ! Un grand merci de toujours avoir soutenu les internes, tout au long de votre carrière. Profitez bien de votre nouvelle Vie !

A Monsieur le Docteur Ameloot : LE Chirurgien le plus polyvalent que je connaisse. Etre en binôme avec toi fut un très grand plaisir.

A Madame le Docteur Bazard : Votre patience, votre gentillesse et votre douceur sont pour moi des exemples. Un grand merci pour votre aide lors de mes débuts en pédiatrie.

A Madame le Docteur Cloché : Que les blocs du lundi me manquent... On était au top sur tous les préparatifs !!! Travailler à tes cotés a toujours été et sera un réel plaisir !

A Monsieur le Docteur Humbert : Le chirurgien le plus zen que je connaisse ! Vous arrivez à jongler avec brio avec toutes les casquettes et cela force le respect. Je veux bien continuer à la faire la nounou des chats...

A Monsieur le Docteur Lesure : Malgré tous mes efforts et un savon, je n'ai jamais réussi à arriver avant vous dans le service ;( ... Un grand merci pour ces pauses café, tous vos conseils, votre bonne humeur et votre bienveillance.

A Monsieur le Docteur Maalouf : Votre dextérité chirurgicale et votre rigueur sont pour moi un modèle. Un grand merci pour vos conseils précis et avisés !

A Monsieur le Docteur Pérone : Le seul qui a réussi à me déstresser à l'EBO ! Un grand merci pour votre aide pour mes premières communications et vos conseils pour mes différents voyages : j'ai adoré le Pérou.

## **A l'Ophtalmologie**

**A Cédric**, le premier à m'avoir donné les ficelles des gardes de neurochirurgie (comment fait-on quand on a 5 entrées et ZERO lits ;) ?)... Un grand Merci pour toutes nos pauses café où on refaisait le monde... Les journées étaient plus légères et joyeuses... J'aurai bien aimé que tu restes Lorrain...

**A Pauline F.**, la virtuose du service : aussi bien au bloc, qu'à domicile... D'abord complices en tant que co-internes, puis bientôt en tant que co-chefs, cela sera un réel plaisir...

**A Pauline B.**, la Parisienne... Il aura fallu que tu quittes Nancy pour qu'on se fasse encore plus de restos... Entre 2 trains, 2 DIU ou 2 blocs, cela est toujours un plaisir...

**A Bébert**, quelque fois ce fut explosif, mais la Fée Colnette est toujours réapparue...

**A Fanny**, un grand Merci pour tous tes conseils...

**A Benjamine**, un changement radical de Vie qui donne envie (sauf pour ce qui est des treks et des triathlons) ! Profite en bien ...

**A Audrey**, un Grand Merci de la Mini-Baudot ;) ... Profite bien également de la Réunion !

**A Cécile**, la Maman du service... Une spécialiste hors pair en Pédiatrie, cela force le respect...

**A Alex**, ou Miss Potins ;) Enfin un co-interne qui aime autant le sucré que moi : On se fera notre PPR mutuelle ;) Ne change rien !

**A Momo**, depuis notre première année en Neurochirurgie où on s'est serré les coudes lors des coups durs, à cette dernière : tu auras toujours été quelqu'un sur qui compter...

**A Laure**, la pile électrique du service, avec un franc-parler sans pareil ...

**A Louis**, Avec ton humour sans pareil « la seule transmission que j'ai à te faire est en ce moment même sur la table du scanner avec un Glasgow à 3 et son avenir est à court terme pessimiste... »

**A Anne-Laure**, ma future co-chef : Ce sera un beau trio très Girly !

**A Anne**, à nos longues soirées à Verdun à décorer le sapin de Noël, à faire des Save the date ou à boire des cocktails...

**A Estelle**, la modératrice de sa promo ... Ce retrouvera t'on l'année prochaine en DIU ?

**A Mathilde**, Vive les DIU et les pièces de Théâtres...

**A Agathe, Ali, Nabil, Shanour, Oualid, Naila, Rekia, Alix, Alexia, Youssef** et à tous les autres que je ne connais pas encore beaucoup...

Aux infirmières de consultation, **Jen, Anne, Manue, Sandrine, Francine, Laure, Anne-Marie et Nadia**, un grand merci pour votre efficacité et votre bonne humeur.

A toute l'équipe des orthoptistes et des élèves d'orthoptie, **Elisabeth, Christelle, Agnès, Anaïs, Aurélie, Malika, Monia**, un grand merci pour mes moments de doute du mardi soir ;)

A toutes les filles du bloc, **Elisabeth, Catherine, Jocelyne, Maryse, Odile, Alexandra, Isabelle, Fabienne, Marie-Anne**, un grand merci pour ces instants complices.

**A toutes les secrétaires**, un grand merci pour votre gentillesse.

A l'Equipe de Verdun, **Fanny, Alex, Céline, Virginie, Isabelle, Véronique...**

**A l'Equipe de Metz...**



## **A la Neurochirurgie**

**A cette grande Famille**, aux Professeurs Civit et Marchal, aux docteurs Pinelli, Colnat-Coulbois, Joud, Klein, Rech, aux infirmières de bloc et du service : Surtout ne changez rien ! Ce fût un réel plaisir et un honneur de travailler à vos côtés et de faire partie de votre belle et grande Famille !

**A P-H**, toujours là pour les coups durs, boire un verre ou faire la fête jusqu'au bout de la nuit ;)

**A Floriane**, aussi douée en tant que globetrotteuse qu'en tant que chirurgienne... Quel sera le prochain roadbook que je te demanderai ?

**A Isabelle**, subtil mélange entre bistouri et rivière de diamants...

**A Thomas**, Mon premier co-interne... A nos petites listes...

**A Pascale**, l'assistante sociale la plus dévouée que je connaisse... Son bureau est un peu une deuxième maison ;)

**A ma famille,**

**A ma Maman,** qui m'a toujours soutenu tout au long de la vie et qui m'a tant apporté. Toujours là pour des mots réconfortants lors des moments de désarroi. J'espère ne pas te décevoir. Je te dédie cette thèse.

**A mon Papa,** Merci pour ton soutien constant, ta bienveillance et ton réconfort. Tu m'as également tout donné et a toujours cru en moi, même quand je voulais faire médecin légiste... Je te dédie cette thèse.

**A Jean-Thomas,** Mon informaticien préféré, toujours là pour récupérer mes bêtises et plus...

**A Eva,** La petite Génie de la famille et ma petite sœur chérie même quand elle m'exaspère...

**A Papi André et Mami Annette,** un grand Merci pour votre bienveillance et votre soutien... A toutes ces après-midis « gâteaux et limonade » qui m'ont permis de garder le cap !

**A Mami Jo,** La reine des Mami Gâteaux ! A tous ces week-ends en famille (surtout Pâques ;) )...

**A Papi Alfred,** parti trop tôt mais qui a toujours su que je serai médecin.

**A Sabine,** un grand Merci pour ton soutien, ta gentillesse et pour avoir toujours été là...

**A Dominique,** un grand Merci pour ta bienveillance...

**A Jérémie,** Heureusement que l'ECN est passé car sinon vive le XXS !

**A Ma Belle Famille,** Merci pour votre gentillesse et votre affection...

**A tous mes oncles et tantes, A tous mes cousins et cousines, A ma filleule,**

**A mes amis pour la Vie ...**

**A Jules,** mon ami depuis les bancs de l'école ! Cette amitié a traversé déjà pas mal d'épreuves et n'est que plus forte... Et n'oublie pas « on s'était dit rendez-vous dans 10 ans ... »

**A Mathilde,** la sportive et la diététicienne de la bande... Toujours attentive et bienveillante...

**A Flo,** j'espère que les lunettes seront sur ton nez et pas sur ta tête le jour de ma thèse ;)

**A Lulu,** La seule qui n'est pas du monde médical mais heureusement que tu es là !

**A Remy, Pascale, Bonhomme, Guillaume, Anne-Claire...**

**A Arnaud, Mon Amour**

## SERMENT

« **A**u moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque ».

<b>I.</b>	<b>Résumé .....</b>	<b>19</b>
<b>II.</b>	<b>Abstract .....</b>	<b>20</b>
<b>III.</b>	<b>Avant-propos .....</b>	<b>21-22</b>
<b>IV.</b>	<b>Article</b>	
	<b>A. Introduction .....</b>	<b>23</b>
	<b>B. Matériel et méthode .....</b>	<b>23-25</b>
	<b>C. Résultats .....</b>	<b>25</b>
	<b>D. Discussion .....</b>	<b>25-27</b>
	<b>E. Conclusion .....</b>	<b>27</b>
<b>V.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>28</b>
<b>F.</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>30-33</b>
<b>G.</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>34-36</b>

## I. Résumé

---

### Introduction

Le but de notre étude est de tester la capacité du simulateur EyeSi à discriminer les chirurgiens novices des chirurgiens expérimentés lors de la réalisation des exercices de 3 modules de formation à la chirurgie de cataracte, afin de confirmer sa validité de construction pour ceux-ci.

### Matériel et méthode

Nous avons inclus 18 chirurgiens répartis en 3 groupes : les « novices » (6 internes n'ayant jamais opéré de cataracte), les « intermédiaires » (6 internes ayant opéré entre 1 et 10 cataractes) et les « experts » (6 chirurgiens ayant opéré plus de 500 cataractes). Nous avons sélectionné 3 modules d'entraînement du simulateur, le capsulorhexis, la phacoémulsification-cracking et l'aspiration des masses cristalliniennes résiduelles. Douze exercices de difficulté croissante ont été réalisés 2 fois de suite par chaque participant. Nous avons comparé les résultats du 2ème essai en stratifiant sur l'expérience du chirurgien.

### Résultats

Pour le module capsulorhexis, dans l'exercice 1, les experts obtiennent des scores plus élevés que les 2 autres groupes ( $p=0,0102$ ). Pour le module phacoémulsification-cracking, les experts ont des scores significativement supérieurs dans l'exercice 8 ( $p=0,0495$ ) et il existe une tendance à la significativité dans les exercices 3 ( $p=0.0934$ ) et 5 ( $p=0.0938$ ). Le temps de réalisation de l'exercice décroît également en fonction du niveau d'expérience dans les exercices 1 ( $p=0.0444$ ), 4 ( $p= 0,06$ ) et 5 ( $p=0.0189$ ).

### Conclusion

Nos résultats mettent en évidence de meilleurs résultats du groupe experts pour 4 exercices des modules capsulorhexis et phacoémulsification-cracking. Ceci confirme la validité de construction du simulateur EyeSi pour la chirurgie de cataracte déjà mise en évidence par d'autres travaux. Notre étude permettra de contribuer à la réalisation de programmes de formation pertinents sur simulateur pour les internes en ophtalmologie.

## II. Abstract

---

### Purpose

To compare performance on the EyeSi surgical simulator in 3 training modules by users with different levels of experience in ophthalmology.

### Methods

We included 18 surgeons (6 residents with no cataract experience, 6 residents with little experience and 6 experienced cataract surgeons). Three modules have been selected (capsulorhexis, phacoemulsification-cracking and irrigation and aspiration). All subjects completed 12 different levels twice and the results of the second trial were analyzed according to the surgeon's experience.

### Results

For the capsulorhexis module, experienced surgeons achieved higher total scores in exercise 1 ( $p=0,0102$ ). For the phaco module, experienced surgeons achieved higher total scores in exercise 8 ( $p=0,0495$ ). Less obvious differences in overall score were found in exercises 3 ( $p=0.0934$ ) and 5 ( $p=0.0938$ ). Participants with greater experience had lower total task time in exercises 1 ( $p=0.0444$ ), 4 ( $p= 0,06$ ) and 5 ( $p=0.0189$ ).

### Conclusion

Experienced surgeons outperformed residents with regard to overall score on 4 exercises of the capsulorhexis and phaco modules. Our results confirm previously demonstrated construct validity for these modules. These findings will help develop a training programme that could potentially be applied into the standard ophthalmological curriculum.

### III. Avant-propos

---

La chirurgie de cataracte est l'une des chirurgies les plus pratiquées au monde. Son apprentissage nécessite de nombreuses heures de formation, est coûteux et non dénué de risques pour les patients. En France, celui-ci se fait selon le modèle traditionnel de Halsted où les jeunes chirurgiens acquièrent des connaissances chirurgicales en lisant, en observant et en opérant un patient tout en étant supervisé par un chirurgien sénior. Le taux de complications peropératoires est alors nettement supérieur à celui des chirurgiens expérimentés et cela ne peut plus être une option éthiquement et économiquement acceptable pour notre pratique médicale moderne. De même, de par le nombre croissant d'internes et afin de ne pas pénaliser par manque de temps et de moyens leur formation, le développement de différents outils d'apprentissage a été nécessaire. Les internes d'ophtalmologie peuvent donc aujourd'hui s'entraîner à la chirurgie de cataracte en opérant soit sur des modèles animaux ou humains (yeux porcins ou de cadavres), soit en laboratoires humides où des yeux synthétiques sont mis à disposition. Cela leur permet ainsi de développer leurs compétences, en répétant chaque étape de l'extraction de la cataracte, dans un environnement contrôlé, libre de toute pression liée à une chirurgie sur un patient réel. Cependant, ces méthodes ont été critiquées car elles sont peu réalistes et simulent de façon inadéquate la consistance des tissus et leur anatomie mais également parce qu'elles ne permettent pas une quelconque évaluation objective. Comme dans d'autres disciplines chirurgicales, des simulateurs de chirurgie ont donc été développés afin de pallier à ses difficultés. Deux sont actuellement disponibles : Phacovision (Melerit Medical, Linköping, Sweden) et EyeSi (VRMagic, Mannheim, Germany). Ce dernier est le plus accessible en France et nous pouvons y accéder à l'école de chirurgie de la faculté de médecine de Nancy. Ce simulateur chirurgical a été en premier lieu développé comme un système d'entraînement à la chirurgie vitréorétinienne. Différentes études ont alors démontré sa validité de construction pour les exercices de pelage de membranes rétiniennes, car les chirurgiens expérimentés réalisaient moins d'erreurs que les novices. VRMagic a donc développé un module pour le segment antérieur et la chirurgie de cataracte. Eyesi propose de nombreux exercices de difficultés croissantes pour toutes les étapes de la chirurgie de cataracte ainsi que des exercices de navigation et de préhension dans le segment antérieur permettant d'apprendre à un novice à réaliser des gestes les plus précis possibles afin d'éviter toutes lésions intraoculaires. Depuis son développement, de nombreuses études mettent en valeur 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 s'est intéressée qu'à certains exercices et non à tous. Nous souhaitons donc par notre étude, confirmer la validité de construction du simulateur « Eyesi » pour tous les exercices de trois modules d'entraînement que nous considérons comme primordiaux : la réalisation d'un capsulorhéxis, la phacoémulsification et le cracking du noyau cristallinien et l'aspiration des masses cristalliniennes. Cette technologie de simulation dans le domaine de l'ophtalmologie offre la possibilité de nouvelles modalités d'entraînement et d'évaluation et peut ainsi aider à préparer les jeunes chirurgiens en réduisant leur anxiété mais surtout les risques pour le patient. Une fois la validité de construction de ce simulateur confirmée pour ces 3 modules,



nous souhaitons déterminer une stratégie d'apprentissage type qui ciblera les exercices les plus pertinents de chaque module afin que chaque nouvel interne puisse potentialiser et optimiser son temps de formation sur le simulateur et ainsi acquérir des compétences techniques solides avant d'opérer un patient, au bloc opératoire.

## IV. Article

---

### Introduction

La chirurgie de la cataracte est l'intervention la plus pratiquée dans le monde (1). La formation chirurgicale actuelle est basée sur le modèle traditionnel de Halsted (2) où le novice acquiert des connaissances chirurgicales en lisant, en observant et en opérant un patient tout en étant supervisé par un chirurgien sénior. Certaines étapes, telles que le capsulorhexis et la phacoémulsification, sont plus difficiles à maîtriser (3). Cet apprentissage est long, difficile et non dénué de risques pour le patient (4). On note en effet, un taux de complications peropératoires chez les jeunes chirurgiens allant de 5 à 7% selon les séries, soit un taux 3 à 50 fois supérieur à celui des chirurgiens expérimentés (5-7). Des simulateurs de chirurgie ont été développés dans le but de minimiser ces risques (8-11). 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 (12-16). Le simulateur EyeSi, le plus répandu, propose de nombreux modules regroupant des exercices d'entraînement de difficulté croissante. Pour chaque exercice, un score est établi afin d'évaluer les compétences du chirurgien et de juger de sa progression au cours de la répétition de celui-ci. De nombreuses équipes ont prouvé la validité de construction de plusieurs de ces modules en mettant en évidence une corrélation entre le score obtenu à un exercice donné et l'expérience du chirurgien (10, 17-23). Récemment, Thomsen et coll. ont établi à partir de ces résultats, un programme de formation type comprenant à la fois des exercices d'appréhension et des exercices représentant chaque étape de la chirurgie (7 exercices de 7 modules différents) (19, 24). Cependant, un seul exercice par module a été testé et il nous a paru intéressant d'étudier l'ensemble des exercices d'un même module. L'objectif de notre étude est donc d'évaluer la validité de construction de tous les exercices de 3 modules clés (capsulorhexis, phacoémulsification-cracking et aspiration des masses cristalliniennes) afin de sélectionner les exercices les plus pertinents pour la formation à la chirurgie de la cataracte.

### Matériel et Méthode

#### Sujets sélectionnés

Dix-huit sujets du service ont été répartis en 3 groupes, en fonction de leur niveau d'expérience : le groupe « novice » composé de 6 internes d'ophtalmologie n'ayant jamais opéré de cataracte, le groupe « intermédiaire » composé de 6 internes d'ophtalmologie ayant opéré entre 1 et 10 cataractes au bloc opératoire au cours de leur cursus et le groupe « expert » composé de 6 chirurgiens ayant pratiqué plus de 500 cataractes dans leur carrière. Tous les sujets avaient des connaissances anatomiques et physiopathologiques ophtalmologiques suffisantes pour opérer une cataracte. Aucun d'entre eux n'avait eu une expérience antérieure avec un simulateur de chirurgie de cataracte. Le mode de recrutement était basé sur le volontariat et un consentement éclairé était recueilli pour chaque participant. Cette étude est conforme aux principes fondamentaux de la déclaration d'Helsinki.

## Simulateur EyeSi

Nous avons utilisé le simulateur « EyeSi Ophthalmic Surgical Simulator » (VRMagic, Mannheim, Germany, version 2.4). 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, l'ensemble des instruments (de taille et poids réels) nécessaires à la chirurgie de la 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) et d'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. Ce simulateur propose différents modules de formation comportant des exercices de difficulté croissante. Quatre paramètres sont pris en compte afin d'établir un score de performance final: tâche achevée (réalisation de l'exercice avec succès et dans sa totalité), efficacité (temps nécessaire pour réaliser l'exercice et quantité d'US utilisée), utilisation des instruments (fermeture et horizontalisation des 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). Le simulateur attribue des points positifs pour chaque tâche réalisée avec succès et des points négatifs pour toutes les erreurs permettant ainsi d'obtenir un score final allant de 0 à 100.

## Design de l'étude

Trois modules essentiels à l'apprentissage de la chirurgie de cataracte (3) ont été sélectionnés pour cette étude: le capsulorhexis, la phacoémulsification-cracking du noyau cristallinien et l'aspiration des masses cristalliniennes résiduelles. Chaque sujet a réalisé tous les exercices de chacun de ces 3 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. 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 commencer les enregistrements, chaque participant a réalisé le premier exercice de chaque module afin de se familiariser avec l'environnement virtuel. Le score de ces exercices n'a pas été pris en compte. Ensuite, chaque exercice a été répété deux fois de suite. A la fin de chaque exercice, les scores de performance obtenus pour chacun des quatre paramètres ont été enregistrés.

## Analyse statistique

Nous avons comparé les résultats du deuxième essai de chaque exercice, afin de réduire les effets liés à une familiarisation avec le simulateur lors du premier essai (17). La validité de construction pour un exercice donné, était établie si le score médian des experts était statistiquement supérieur à celui des intermédiaires, qui à son tour était supérieur à celui des novices. Les variables qualitatives étaient décrites en fréquence et pourcentage et les variables quantitatives en médianes et quartiles (Q1 et Q3). Le test exact de Fisher a été utilisé afin de

comparer les variations de fréquences entre les différents types de chirurgien et le test de Kruskal-Wallis pour les variations de valeurs médianes. Il existait une différence statistiquement significative lorsque la p-value était  $< 0.05$ .

## Résultats

### Module capsulorhexis

Les résultats des 2 exercices du module « capsulorhexis » sont présentés dans le tableau 2. Pour l'exercice 1, les experts obtiennent des scores significativement plus élevés que les 2 autres groupes moins expérimentés ( $p=0,0102$ ). Ils complètent également mieux l'exercice ( $p=0,0085$ ) en réalisant un rhexis plus rond (68% versus 0%) ( $p=0.0181$ ), sans irrégularité ( $p=0,0247$ ) et avec un rayon d'extension maximal moindre ( $p=0,0099$ ). Dans l'exercice 2, aucune différence significative n'était retrouvée.

### Module phacoémulsification-cracking

Les résultats des 8 exercices du module « phacoémulsification-cracking » sont indiqués dans le tableau 3. Les experts ont des scores significativement supérieurs aux 2 autres groupes dans l'exercice 8 ( $p=0,0495$ ) et ont tendance à obtenir de meilleurs scores finaux dans les exercices 3 ( $p=0.0934$ ) et 5 ( $p=0.0938$ ). Dans l'exercice 5, ils traitent également mieux les tissus ( $p=0,0484$ ), sans rupture de la capsule postérieure ( $p=0,0444$ ). De plus, nous avons observé des différences significatives en termes de temps de réalisation d'un exercice. Celui-ci décroît en fonction du niveau d'expérience du sujet dans les exercices 1 ( $p=0.0444$ ), 4 ( $p= 0,06$ ) et 5 ( $p=0.0189$ ). Dans les exercices 2, 6, et 7, nous n'avons pas retrouvé de différence significative entre les 3 groupes quel que soit le paramètre étudié.

### Module aspiration des masses cristalliniennes

Les résultats des 2 exercices du module « aspiration des masses cristalliniennes » sont regroupés dans le tableau 4. Dans l'exercice 1, aucune différence significative n'a été retrouvée. Dans l'exercice 2, les experts ont tendance à réaliser plus vite l'exercice que les 2 autres groupes ( $p=0,0736$ ).

## Discussion

Notre étude met en évidence la validité de construction du simulateur EyeSi pour les modules capsulorhexis et phacoémulsification-cracking. L'expérience chirurgicale des sujets est en effet, prédictive de leur performance dans différents exercices. Malgré notre faible effectif, nos résultats confortent ceux obtenus dans d'autres études qui retrouvent des différences de score entre les novices et les experts pour ces deux modules (18-21). Les exercices pertinents de notre étude sont identiques à ceux sélectionnés par Thomson pour son programme d'entraînement type (exercice 1 du module capsulorhexis et exercice 5 du module phacoémulsification-cracking) (24). Les tendances de significativité de certains exercices du module 2 pourraient se confirmer avec un effectif plus important. Notre étude démontre également l'intérêt des exercices 3 et 8, exercices qui n'ont pas été étudiés jusqu'à présent. Pour le module aspiration des masses cristalliniennes résiduelles, nous ne retrouvons pas de

différence de scores entre les différents groupes, donc comme dans l'étude de Thomsen (19), la validité de construction ne peut être établie. Deux hypothèses peuvent alors se poser, soit les exercices de ce module sont moins techniques, il n'y a donc pas de différence entre les 3 groupes, soit, ce module étant le dernier testé, la réalisation séquentielle de ces exercices a un impact sur les scores du fait de l'amélioration du groupe novice.

Cette question peut également se poser pour les scores finaux des différents exercices. En effet, l'exercice 2 du module 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). Il est donc possible qu'aucune différence significative n'ait été mise en évidence car les chirurgiens avaient déjà réalisé les autres exercices au préalable. Ceci a été montré dans l'étude de Bergqvist (10), qui comparait les résultats obtenus entre 2 groupes de novices s'exerçant plus ou moins sur simulateur (4 versus 2 séances d'entraînement) et celle de Saleh (20), qui mettait en évidence une progression par pallier des scores finaux, on constate qu'au-delà d'un certain nombre de répétitions d'un même exercice, les différences entre les groupes disparaissent, les scores des novices rejoignant ceux des experts. La plupart des critères d'évaluation étant également les mêmes d'un exercice à un autre, les participants portent une plus grande attention à l'utilisation de leurs instruments et aux différentes structures de l'œil. L'apprentissage acquis au fil des exercices, diminue alors les différences entre les groupes et ne permet plus d'établir une validité de construction pour ceux-ci.

De même, les scores de performance peuvent être influencés par la susceptibilité de chacun à l'apprentissage et à l'adaptation à une nouvelle technologie. Des études ont démontré qu'avoir une expérience importante de la pratique des jeux vidéo raccourcit significativement le temps nécessaire à la maîtrise de la chirurgie sur simulateur (22, 23). Les experts ont donc peut-être un temps d'adaptation au simulateur plus important que les novices et cela pourrait minimiser les différences entre les groupes.

Il nous paraît également important de prendre en compte que certains critères de notation du simulateur sont insuffisamment précis. Ces problèmes ont déjà été évoqués dans certaines études (25, 26) qui comparent la notation du simulateur au score OSACSS (Objective Structured Assessment of Cataract Surgical Skill) qui est le score gold standard de notation d'une chirurgie de cataracte. Si on note la vidéo de l'exercice réalisé en utilisant ce score, les résultats obtenus sont différents de ceux attribués par le simulateur. En effet, les instruments peuvent être utilisés de façon inappropriée sans que cela impacte le score attribué par le simulateur ; les novices ont donc de meilleurs scores. A contrario, surtout pour le module phacoémulsification, la fenêtre de succès est petite. Ainsi une petite erreur qui n'aurait aucun impact si elle se produisait au bloc opératoire, peut conduire au score de zéro. De la même façon, les experts obtiennent parfois de mauvais scores, car ils réalisent l'exercice avec une technique à laquelle le simulateur n'accorde pas de crédit. Un système de notation différent prenant en compte le caractère cognitif de cette chirurgie pourrait donc être nécessaire afin de valider et sélectionner d'autres exercices pertinents pour notre programme de formation.

Notre travail a donc permis, en démontrant une validité de construction, de sélectionner quatre exercices parmi les modules capsulorhexis et phacoémulsification-cracking. La réalisation d'études avec des effectifs plus grands est néanmoins nécessaire afin de sélectionner d'autres exercices. Ces exercices devront également être répétés afin de diminuer l'effet lié à la

réalisation séquentielle de ceux-ci et observer une amélioration des scores avant d'établir un programme de formation type. La création de tels programmes est d'autant plus importante qu'il existe un parallélisme entre les résultats de la simulation et en condition de vie réelle. En effet, Thomsen et coll. ont mis en évidence une forte corrélation entre les performances obtenues sur simulateur aux exercices avec validité de construction et les performances chirurgicales au bloc opératoire et ce, quelle que soit l'expérience chirurgicale du chirurgien (24). Ceci renforce encore l'idée de la nécessité d'un entraînement sur simulateur avant d'envisager le premier geste au bloc opératoire afin de réduire les risques pour le patient.

## **Conclusion**

Nos résultats confirment la validité de construction des modules capsulorhexis et phacoémulsification-cracking en mettant en évidence une différence de scores entre les novices et les chirurgiens plus expérimentés pour quatre exercices (1 du module capsulorhexis et 3 du module phacoémulsification-cracking). Ces exercices devront être considérés dans le programme d'enseignement chirurgical type pour la formation des internes d'ophtalmologie. Cette formation sur simulateur pourrait alors être une étape obligatoire avant d'autoriser l'accès au bloc opératoire aux internes.

## V. Conclusion

---

En confirmant la validité de construction du simulateur EyeSi pour deux de ces nombreux modules, nous souhaitons par la suite créer un programme d'entraînement type afin d'optimiser au maximum le temps de formation des jeunes internes. Pour cela, d'autres études de validité de construction portant sur les autres modules proposés par le simulateur seraient nécessaires afin de pouvoir sélectionner l'ensemble des exercices de simulation indispensables à la formation de tout jeune chirurgien. Nous avons la chance d'avoir accès à ce simulateur à l'école de chirurgie de Nancy et nous souhaiterions mettre en place au plus vite ce programme de formation type afin d'optimiser la formation chirurgicale de tous les nouveaux internes de Nancy et de l'ensemble de l'inter-région. En effet, la formation chirurgicale actuelle ne peut plus être une option éthiquement et économiquement acceptable. Devant cette démographie française d'ophtalmologie et le nombre croissant d'internes, afin de ne pas pénaliser par manque de temps et de moyens leur apprentissage, ce programme de formation chirurgicale sur simulateur devient indispensable. La courbe d'apprentissage chirurgicale étant propre à chacun et qu'établir un temps d'entraînement standard ne peut être applicable, un score minimum à chacun des exercices de ce programme pourrait être alors être considéré comme nécessaire avant d'autoriser un interne à opérer au bloc opératoire un patient. Cela permettrait alors de réduire au maximum le taux de complications peropératoires, le temps chirurgical, d'accélérer et d'améliorer la formation chirurgicale. L'interne pourrait alors au court de différentes séances de formation, appréhender le simulateur, répéter de multiples fois la même tâche afin de pouvoir se perfectionner et acquérir des connaissances chirurgicales indispensables à sa carrière.

## VI. Annexes

---

Tableau 1: Description des exercices sélectionnés sur le simulateur Eyesi

<b>Etape 1: Capsulorhexis</b>	
Exercice 1	injection de viscoélastique puis réalisation d'un capsulorhexis à l'aide d'un cystitome et d'une pince à capsulorhexis (difficulté standard)
Exercice 2	injection de viscoélastique puis réalisation d'un capsulorhexis difficile (finesse et fragilité de la capsule antérieure mimant une pseudoexfoliation capsulaire)
<b>Etape 2: Phacoémulsification et cracking</b>	
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
<b>Etape 3: Aspiration des masses cristalliniennes</b>	
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



Tableau 2: Comparaison entre les 3 groupes pour les exercices de l'étape « capsulorhexis »

	Expert %/med*	Intermédiaire %/med*	Novice %/med*	p**
<b>Exercice 1</b>				
<b>Tache achevée</b>				<b>0,0085</b>
Excellent	16,7	16,7	0	
Good	50	0	0	
Average	33,3	16,7	0	
Poor	0	0	16,7	
Failing	0	66,7	83,3	
Rondeur du capsulorhexis en %	68,3 (51,5-85,3)	0 (0-0)	0 (0-0)	<b>0,0181</b>
Rayon maximal d'extension du capsulorhexis en mm	2,9 (2,3-3)	3,4 (2,6-5)	5 (4-5)	<b>0,0099</b>
Irrégularités locales du rhexis				<b>0,0247</b>
Non	100	33,3	16,7	
Oui	0	66,7	83,3	
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	157 (147-196)	183 (148-235)	195 (155-272)	NS
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				NS
<b>Score</b>	78,5 (72-92)	0 (0-60)	0 (0-0)	<b>0,0102</b>
<b>Exercice 2</b>				
<b>Tache achevée</b>				NS
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	180 (138-221)	157 (141-177)	245 (165-330)	NS
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				NS
<b>Score</b>	0 (0-39)	0 (0-0)	0 (0-0)	0,3637

\* médiane

\*\* Test exact de Fisher pour variables qualitatives, test de Kruskal-Wallis pour les variables quantitatives

Tableau 3: Comparaison entre les 3 groupes pour les exercices de l'étape  
« phacoémulsification-cracking »

	Expert %/med*	Intermédiaire %/med*	Novice %/med*	p**
<b>Exercice 1</b>				
<b>Tache achevée</b>				NS
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	50,5 (35-59)	58 (47-141)	92 (65-115)	<b>0,0444</b>
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				NS
<b>Score</b>	96,5 (96-98)	93,5 (74-97)	92,5 (36-96)	0,2513
<b>Exercice 2</b>				
<b>Tache achevée</b>				NS
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	102 (89-109)	97 (74-171)	136 (107-140)	NS
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				NS
<b>Score</b>	94 (91-100)	98 (95-100)	92 (67-100)	0,7331
<b>Exercice 3</b>				
<b>Tache achevée</b>				NS
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	24 (16-32)	27 (23-34)	40 (18-56)	NS
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				NS
<b>Score</b>	98 (96-100)	98 (96-98)	95 (94-96)	0,0934
<b>Exercice 4</b>				
<b>Tache achevée</b>				NS
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	39 (19-57)	79 (67-113)	116 (53-212)	0,06
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				NS
<b>Score</b>	97 (94-100)	98 (95-100)	93 (88-96)	0,1658
<b>Exercice 5</b>				
<b>Tache achevée</b>				NS
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	216 (207-227)	261,5 (253-299)	377,5 (301-494)	<b>0,0189</b>
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				<b>0,0499</b>
	Excellent	83,3	16,7	33,3
	Good	16,7	33,3	0
	Poor	0	16,7	0
	Failing	0	33,3	66,7

Rupture de la capsule postérieure	0 (0-0)	0 (0-1)	1,5 (0-3)	<b>0,0484</b>
Domage de la capsule par US				0,0651
Value Unset	100	83,3	33,3	
Value	0	16,7	66,7	
Emulsification de la capsule au contact	0 (0-0)	0 (0-0)	2 (0-3)	0,0585
<b>Score</b>	<b>76 (53-87)</b>	<b>44 (22-65)</b>	<b>9,5 (0-69)</b>	<b>0,0938</b>
<b>Exercice 6</b>				
<b>Tache achevée</b>				NS
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	232 (195-244)	174 (129-262)	299 (209-367)	NS
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				NS
<b>Score</b>	<b>91 (62-100)</b>	<b>43 (0-80)</b>	<b>59 (32-95)</b>	<b>0,107</b>
<b>Exercice 7</b>				
<b>Tache achevée</b>				NS
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	49 (42-62)	49 (46-64)	65 (52-90)	NS
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				NS
<b>Score</b>	<b>98 (92-100)</b>	<b>95 (80-100)</b>	<b>96 (79-98)</b>	<b>0,7367</b>
<b>Exercice 8</b>				
<b>Tache achevée</b>				NS
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	70 (41-82)	80 (54-83)	82 (42-98)	NS
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				NS
<b>Score</b>	<b>80 (74-86)</b>	<b>76 (72-78)</b>	<b>72 (71-74)</b>	<b>0,0495</b>

\* médiane

\*\* Test exact de Fisher pour variables qualitatives, test de Kruskal-Wallis pour les variables quantitatives

Tableau 4 : Comparaison entre les 3 groupes pour les exercices de l'étape  
« aspiration des masses cristalliniennes »

	Expert %/med*	Intermédiaire %/med*	Novice %/med*	p**
<b>Exercice 1</b>				
<b>Tache achevée</b>				NS
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	48 (43-69)	49 (41-58)	59 (49-107)	NS
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				NS
<b>Score</b>	96 (55-99)	93 (81-96)	93 (83-98)	0,8294
<b>Exercice 2</b>				
<b>Tache achevée</b>				NS
<b>Efficacité</b>				NS
Temps	95 (55-120)	145 (104-188)	130 (123-255)	0,0736
<b>Utilisation des instruments</b>				NS
<b>Traitement des tissus</b>				NS
<b>Score</b>	77,5 (0-95)	37,5 (0-61)	22,5 (0-36)	0,3459

\* médiane

\*\* Test exact de Fisher pour variables qualitatives, test de Kruskal-Wallis pour les variables quantitatives

## VII. Bibliographie

---

- [1] Solborg Bjerrum S, Mikkelsen KL and la Cour M: Epidemiology of 411 140 cataract operations performed in public hospitals and private hospitals/clinics in Denmark between 2004 and 2012. *Acta Ophthalmol* 93: 16-23.
- [2] Osborne MP. William Stewart Halsted: his life and contributions to surgery. *Lancet Oncol* 2007;8:256-65.
- [3] Dooley IJ & O'Brien PD (2006): Subjective difficulty of each stage of phacoemulsification cataract surgery performed by basic surgical trainees. *J Cataract Refract Surg* 32: 604–608.
- [4] Randleman JB, Wolfe JD, Woodward MW, Lynn MJ, Cherwek DH and Srivastata SK (2007): The resident surgeon phacoemulsification learning curve. *Arch Ophthalmol* 125:1215-1219.
- [5] Randleman JB, Wolfe JD, Woodward M, Lynn MJ, Cherwek DH, Srivastava SK. The resident surgeon phacoemulsification learning curve. *Arch Ophthalmol* 2007; 125:1215–1219.
- [6] Johnston RL, Taylor H, Smith R, Sparrow JM. The Cataract National Dataset electronic multi-centre audit of 55 567 operations: variation in posterior capsule rupture rates between surgeons. *Eye* 2010; 24:888–893.
- [7] Bell CM, Hatch WV, Cernat G, Urbach DR. Surgeon volumes and selected patient outcomes in cataract surgery: a population-based analysis. *Ophthalmology* 2007; 114:405–410
- [8] Gillan SN & Saleh GM (2013): Ophthalmic surgical simulation: a new era. *JAMA Ophthalmol* 131: 1623–1624.
- [9] Saleh GM, Lamparter J, Sullivan PM, O'Sullivan F, Hussain B, Athanasiadis I, Litwin AS & Gillan SN (2013): The international forum of ophthalmic simulation: developing a virtual reality training curriculum for ophthalmology. *Br J Ophthalmol* 97: 789–792.
- [10] Bergqvist J, Person A, Vestergaard A & Grauslund J (2014): Establishment of a validated training programme on the Eyesi cataract simulator. A prospective randomized study. *Acta Ophthalmol* 92: 629–634.
- [11] Kloek CE, Borboli-Gerogiannis S, Chang K, Kuperwaser M, Newman LR, Marie AM & Loewenstein JI (2014): A broadly applicable surgical teaching method: evaluation of a stepwise introduction to cataract surgery. *J Surg Educ* 71: 169–175.

- [12] Pokroy R, Du E, Alzaga A, Khodadadeh S, Steen D, Bachynski B & Edwards P (2013): Impact of simulator training on resident cataract surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 251: 777–781.
- [13] McCannel CA, Reed DC & Goldman DR (2013): Ophthalmic surgery simulator training improves resident performance of capsulorhexis in the operating room. *Ophthalmology* 120: 2456–2461.
- [14] Freudner EM, Engel C, Neuhann IM, Petermeier K, Bartz-Schmidt K-U, Szurman P. Virtual reality training improves wet-lab performance of capsulorhexis: results of a randomized, controlled study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009; 247:955-963.
- [15] Belyea DA, Brown SE & Rajjoub LZ (2011): Influence of surgery simulator training on ophthalmology resident phacoemulsification performance. *J Cataract Refract Surg* 37: 1756–1761.
- [16] Solverson DJ, Mazzoli RA, Raymond WR, Nelson ML, Hansen EA, Torres MF, Bhandari A, Hartranft CD. Virtual reality simulation in acquiring and differentiating basic ophthalmic microsurgical skills. *Simul Healthc* 2009; 4:98–103.
- [17] Spiteri AV, Aggarwal R, Kersey TL, Sira M, Benjamin L, Darzi AW and Bloom PA. Development of a virtual reality training curriculum for phacoemulsification surgery. *Eye* (2014) 28, 78–84.
- [18] 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*. 2010 Nov;36(11):1835-8.
- [19] Thomsen AS, Kiilgaard JF, Kjaerbo H, la Cour M, Konge L. Simulation-based certification for cataract surgery. *Acta Ophthalmol*. 2015 Aug; 93(5):416-21.
- [20] Saleh GM, Theodoraki K, Gillan S, Sullivan P, O'Sullivan F, Hussain B, Bunce C, Athanasiadis I. The development of a virtual reality training programme for ophthalmology: repeatability and reproducibility. *Eye (Lond)*. 2013 Nov;27(11):1269-74.
- [21] Mahr MA, Hodge DO. Construct validity of anterior segment antitremor and forceps surgical simulator training modules. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34:980-5.
- [22] Shane M, Pettitt B, Morgenthal C, Smith CD. Should surgical novices trade their retractors for joysticks? Videogame experience decreases the time needed to acquire surgical skills. *Surg Endosc*. 2008;22:1294–7.
- [23] Enochsson L, Isaksson B, Tour R, et al. Visuospatial skills and computer game experience influence the performance of virtual endoscopy. *J Gastrointest Surg*. 2004;8:876–82.

[24] Thomsen AS, Smith P, Subhi Y, Cour M, Tang L, Saleh GM, Konge L. High correlation between performance on a virtual-reality simulator and real-life cataract surgery. Acta Ophthalmol. 2017 May;95(3):307-311.

[25] Selvander M, Asman P. Ready for OR or not? Human reader supplements Eyesi scoring in cataract surgical skills assessment. Clin Ophthalmol. 2013;7:1973-7.

[26] Selvander M, Asman P. Cataract surgeons outperform medical students in Eyesi virtual reality cataract surgery: evidence for construct validity. Acta Ophthalmol. 2013 Aug;91(5):469-74.

---

## RÉSUMÉ DE LA THÈSE

Introduction : Le but de notre étude est de tester la capacité du simulateur EyeSi à discriminer les chirurgiens novices des chirurgiens expérimentés lors de la réalisation des exercices de 3 modules de formation à la chirurgie de cataracte, afin de confirmer sa validité de construction. Matériel et méthode : Dix-huit chirurgiens ont été répartis en 3 groupes (6 novices, 6 intermédiaires et 6 experts). Trois modules d'entraînement ont été sélectionnés (capsulorhexis, phacoémulsification-cracking et aspiration des masses cristalliniennes). Douze exercices de difficulté croissante ont été réalisés 2 fois de suite et les résultats du 2<sup>ème</sup> essai ont été analysés en fonction de l'expérience du chirurgien.

Résultats : Pour le module capsulorhexis, dans l'exercice 1, les experts obtiennent de meilleurs scores ( $p=0,0102$ ). Pour le module phacoémulsification-cracking, les experts ont des scores significativement supérieurs dans l'exercice 8 ( $p=0,0495$ ) et il existe une tendance à la significativité dans les exercices 3 ( $p=0.0934$ ) et 5 ( $p=0.0938$ ). Le temps de réalisation de l'exercice décroît également en fonction du niveau d'expérience dans les exercices 1 ( $p=0.0444$ ), 4 ( $p=0,06$ ) et 5 ( $p=0.0189$ ).

Conclusion : Nos résultats mettent en évidence de meilleurs résultats du groupe experts pour 4 exercices des modules capsulorhexis et phacoémulsification-cracking. Ceci confirme la validité de construction du simulateur EyeSi pour la chirurgie de cataracte déjà mise en évidence par d'autres travaux. Notre étude permettra de contribuer à la réalisation de programmes de formation pertinents sur simulateur pour les internes en ophtalmologie.

---

## TITRE EN ANGLAIS

EyeSi surgical simulator: construct validity of capsulorhexis, phacoemulsification and irrigation and aspiration modules

---

THÈSE de Médecine spécialisée en Ophtalmologie - Année 2017

---

MOTS CLES : simulateur de chirurgie de cataracte EyeSi, validité de construction, apprentissage phacoémulsification, capsulorhexis et aspiration des masses cristalliniennes, programme de formation type à la chirurgie de cataracte

---

INTITULÉ ET ADRESSE :

**UNIVERSITÉ DE LORRAINE**  
**Faculté de Médecine de Nancy**  
9 Avenue de la Forêt de Haye  
54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex



