



**HAL**  
open science

## Simulateur EyeSi: validité des modules de chirurgie vitréorétinienne

Cécile Thirion-Cissé

► **To cite this version:**

Cécile Thirion-Cissé. Simulateur EyeSi: validité des modules de chirurgie vitréorétinienne. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. hal-01931834

**HAL Id: hal-01931834**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01931834>**

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>

UNIVERSITE DE LORRAINE

FACULTE DE MEDECINE DE NANCY

2018

**THESE**

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR EN MEDECINE**

Présentée et soutenue publiquement

Dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée

Par

**Cécile THIRION-CISSE**

Née le 11/07/1988 à Chatenay-Malabry

Le 09 avril 2018

**SIMULATEUR EYESI : VALIDITE DES MODULES DE  
CHIRURGIE VITREORETINIENNE**

Examineurs de la thèse

Mme le Professeur Karine ANGIOI

Présidente du jury

M. le Professeur Jean-Paul BERROD

Juge

M. le Professeur Olivier KLEIN

Juge

M. le Docteur Jean-Baptiste CONART

Juge et Directeur de thèse



**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 Julien SCALA-BERTOLA

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

**Troisième cycle :** Pr Marc DEBOUVERIE

*Président de Conseil Pédagogique :* Pr Bruno CHENUUEL

*Formation à la recherche :* Dr Nelly AGRINIER

*SIDES :* Pr Laure JOLY

*Relations Grande Région :* Pr Thomas FUCHS-BUDER

*CUESIM :* Pr Stéphane ZUILY

**Chargés de mission**

*Bureau de docimologie :* Dr Guillaume VOGIN

*Commission de prospective facultaire :* Pr Karine ANGIOI-DUPREZ

*Orthophonie :* Pr Cécile PARIETTI-WINKLER

*PACES :* Dr Mathias POUSSEL

*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 - 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 Bernard FOLIGUET Jean  
FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Professeur Jean-Luc GEORGE - 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 – Yves  
MARTINET Pierre MATHIEU - Michel MERLE - Pierre MONIN Pierre NABET – Patrick NETTER - 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<sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub> - Professeur Gilbert FAURE - Professeur Bernard FOLIGUET – Professeur Alain GERARD – Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ - Professeure Simone GILGENKRANTZ - Professeur Gilles GROSDIDIER  
Professeur Philippe HARTEMANN - Professeur Michèle KESSLER - Professeur François KOHLER - Professeur Alain LE FAOU  
Professeur Jacques LECLERE - Professeur Yves MARTINET – Professeur Patrick NETTER - Professeur Jean-Pierre NICOLAS  
Professeur Luc PICARD - Professeur François PLENAT - Professeur Jean-François STOLTZ

=====

## 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

#### 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 - Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

### 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 LOZNIÉWSKI – 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 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)**

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER  
Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN

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

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

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Thérapeutique ; 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 François SIRVEAUX

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

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

**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

**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 Pascal REBOUL

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

Professeure Céline HUSELSTEIN

=====

**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 Antoine VERGER (stagiaire)

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

Docteur Damien MANDRY

**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 – Docteur Jacques JONAS (stagiaire)

**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 Héléne 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

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

Docteure Lina BOLOTINE – Docteur Guillaume VOGIN

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

Docteure Céline BONNET

**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 BURSZEJN

**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 – Docteur Anthony LOPEZ (stagiaire)

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

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

Docteur Cyril PERRENOT (stagiaire)

**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

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

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

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

Madame Nathalie AUCHET - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ - Monsieur Jean-Louis GELLY - Madame Ketsia HESS  
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 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 (VIÊTNAM)*

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)*

# Remerciements

**A notre Maître et Présidente du Jury**

**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, votre rigueur et votre sens clinique sont pour nous un modèle.

Nous vous sommes reconnaissants pour la bienveillance dont vous avez toujours fait preuve à notre égard, tout au long de notre internat.

Nous vous remercions pour votre patience et espérons que ce travail réponde à vos attentes.

Merci d'accepter le témoignage de notre sincère reconnaissance et de notre profond respect.

**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 avons eu le privilège de bénéficier de votre précieux enseignement et de votre grande expérience durant cet internat.

Vos connaissances médicales, votre dextérité chirurgicale hors pair et vos grandes qualités humaines sont pour nous des modèles.

Que notre thèse soit la marque de notre gratitude et de notre profond respect.

## **A notre Juge**

**Monsieur le Professeur Olivier Klein**

Professeur de Neurochirurgie

Nous sommes sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail et espérons qu'il saura retenir votre intérêt.

Notre passage dans votre service reste pour nous un souvenir très marquant et riche en enseignement.

Vos compétences médicales, chirurgicales mais surtout vos immenses qualités humaines avec les patients sont pour nous un modèle.

Votre 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 accompagner tout au long de notre travail.

Nous vous remercions pour votre immense disponibilité, votre rigueur et la pertinence de vos remarques. Nous espérons à travers ce travail être dignes de votre confiance.

Votre engagement pour le service et vos patients, vos connaissances médicales, votre dextérité chirurgicale et votre pédagogie sont pour nous des modèles.

Soyez assuré de notre profonde admiration et de nos remerciements les plus sincères.

## **A mes Maîtres d'internat :**

A Pr George, pour votre culture ophtalmologique quasi infinie, votre curiosité intellectuelle insatiable, votre dextérité chirurgicale, et vos grandes qualités humaines.

A Dr Lesure, pour votre bonne humeur perpétuelle, votre grand attrait pour les potins en tout genre, et votre capacité à toujours chercher une orthoptiste/infirmière/secrétaire/interne diplômée

A Dr Bazard, toujours prête à aider et à transmettre votre savoir, d'une patience et d'un calme à toute épreuve. Les consultations de pédiatrie à vos côtés ont été un plaisir

A Dr Maalouf, pour votre rigueur, la logique de vos raisonnements, votre dextérité chirurgicale. A mes débuts, la chirurgie me semblait facile lorsque je vous assistais au bloc opératoire. Je n'ai compris que plus tard que c'était le reflet de votre grande habileté, et que la réalité était tout autre !

A Véro, parce que depuis le début on a quand même trainé quelques galères, mais qu'on finit toujours par en rire !

A Jb, Jbouille, Jbouze, au choix. On a commencé toi jeune chef et moi interne premier semestre qui ne connaissait rien, stylo plume et effaceur dans la poche pour faire des observations « propres ». Tu m'as transmis de bonnes valeurs que j'essaie de garder : la rigueur (sans la maniaquerie extrême il ne faut pas pousser ^^), le pragmatisme et l'intérêt du patient avant tout. Tu m'as presque tout appris chirurgicalement, et tu as récupéré un petit paquet de catastrophes, toujours en gardant le sourire. Tu as chapeauté ce travail de très près, en prenant un temps infini pour relire toute la bibliographie, faire les corrections une heure après envoi du document, m'appeler pour en rediscuter... On a vécu ensemble quelques galères (une découverte de mélanome un peu brutale, ma première astreinte de Noël, une plaie perforante un soir de concert qui n'en était pas une, quelques mardis de bloc bien pourris...) mais comme ça se finit toujours en rigolade ça reste de bons souvenirs. Pour tout ça, je ne pourrai jamais assez te remercier, mais tu remarqueras que tu as le paragraphe le plus long !

A Jérôme, je garde un excellent souvenir de mon premier semestre à tes côtés. Toujours disponible même avec 40 patients en attente à 18 heures, une réponse encyclopédique type EMC très complète à chacune de mes interrogations et une conduite à tenir claire, tu m'impressionnais beaucoup ! Tu as répondu présent immédiatement quand je t'ai sollicité pour l'étude et je t'en suis très reconnaissante. Je te souhaite beaucoup de bonheur dans ta vie professionnelle et surtout familiale

A Audrey. Une vraie mère pour moi lors de mon premier semestre, en première ligne pour répondre à toutes mes questions. Tu m'as appris les bases de l'ophtalmo, et c'est ce qui fait ta force, car tu es une des rares à avoir compris les fondements mêmes de notre discipline. Et tu es la première à m'avoir laissé opérer sans filet! Sans oublier nos sorties piscine et parc avec enfants... Reviens nous vite tu nous manques !

A François, l'ophtalmo le plus polyvalent que je connaisse, toujours dispo pour un avis, et toujours avec une hypothèse non explorée...Tu as guidé mes premiers pas au bloc avec patience, même quand la lentille était tenue n'importe comment, toujours d'un calme absolu. Je reste convaincue que ta place est dans un CHU

A Soydan qui a toujours été très pédagogue avec moi

A Oualid, la force tranquille, je n'oublierai pas les jeudis en rouge avec toi.

A Beber, qui m'a toujours aidée dans mes moments de détresse, même quand j'avais 2 ou 3 petits plis de descemet mal traités...

A Pauline B, pour tout ce que tu m'as appris car même si tu ne veux pas l'entendre, tu es brillante ! Pour nos soirées pipelettes, pour tes bons petits plats, ta soupe faite maison et ton éternel romantisme à l'eau de rose...j'ai hâte de te revoir !

A Pauline F, virtuose au bloc opératoire, et sur qui on peut toujours compter...j'ai beaucoup aimé travailler avec toi

A Fanny, pour les potins à l'internat et les joies du régime sans gluten !

A Benjamine, tu me fais rêver avec tes photos du bout du monde,

A Nabil, Cédric, Ali, Agathe, avec qui j'ai eu l'occasion de travailler mais de loin

A Anne-Laure, co-interne en or, future co-chef en or, et copine en or ! Je suis on ne peut plus heureuse de venir travailler à tes côtés

A Louis, partenaire de galère au début, puis partenaire d'abattage de consult à la fin... ça a du bon de prendre du galon !

A Momo, à tes moments de doute permanents et tes fous rires communicatifs, un plaisir de travailler avec toi ! Mais je pense que quand même ça mérite une angio fluo et ICG !

A Alex pour nos lundis de rouge de galère ensemble, pour ta bonne humeur quelles que soient les circonstances, et pour toutes les fois où tu es venu donner un coup de main sans jamais rechigner...merci pour tout

A Julie C. pour nos réveils aux aurores le samedi matin, cheveux mouillés, au pas de course toute la matinée !!

A Laure pour tes questions incessantes et ton jusqu'au boutisme, car j'admets que ça a du bon quand même !

A Mathilde, pour ton soutien infailible et parce que j'ai adoré papoter avec toi en DU, au bloc durant ton anesth, dans un couloir, au staff... bref partout où on peut ! Je te souhaite le meilleur pour la suite !

A Estelle, discrète mais efficace, sur qui on peut compter les yeux fermés

A Naillette, mon experte en sourcils attitrée ! Toujours prête aussi pour papoter ! De nombreuses soirées « non crêpes » nous attendent

A Rekia, j'ai beaucoup apprécié travailler avec toi-même si c'était court !

A Alix, parce que tu es sans façons et que ça me parle !

A Alexia, parce que je suis fière de ta gestion rigoureuse du planning et de ton sens de l'équité bien développé

A Julie F., pour ta bonne humeur permanente

A Maxime, discret mais toujours prêt pour donner un coup de main !

A François et Youssef, curieux de tout et toujours soucieux de bien faire,

A Charlotte et Alice, les « petites jeunes », ca me donne un sacré coup de vieux ! Ravie d'avoir pu répondre à quelques unes de vos questions,

A Geoffrey tout nouveau tout innocent, bienvenue chez nous !

Pour toutes les orthoptistes présentes et passées car vous m'avez guidée plus d'une fois en strabo, en pédiat, en angio, sur un champ visuel merdique...votre aide est précieuse et vous m'avez beaucoup appris : Elisabeth, Christelle, Agnès, Camille, Aurélia, Monia, Malika, Mojgan, Mildrey

A tous les élèves orthoptistes qui font tourner le service et qu'on ne reconnaît jamais à leur juste valeur : merci !

A toutes les infirmières qui sont souvent en première ligne et qui nous facilitent bien la vie : Jen (number one of course), Manue, Anne-Marie, Marylène, Amandine, Julie, Elise, Sylvie

Je n'oublie pas Francine, Anne, Chantal, Ghislaine, Sandrine qui m'ont guidée à mes débuts, Nadia et Laure qu'on retrouvera un jour !

A toutes les secrétaires, je ne peux pas citer tout le monde : Isabelle V et B, Christine, Sophie, Cindy E et B, Marie-Christine, Céline...pour votre disponibilité et votre patience

Aux ASH du service Valérie et Sandrine pour votre aide régulière à la consultation

A toute l'équipe du bloc, parce que travailler dans la bonne humeur c'est plus agréable :

Isabelle, Fabienne, Angélique, Naïma pour vos préparations exemplaires,

Alex et Myriam sans oublier Marianne pour votre bonne humeur et votre réactivité

Catherine, Elisabeth, Jocelyne, Maryse, Odile car jamais je ne trouverai une équipe aussi compétente et sympa et je ne dis pas ça pour vous faire plaisir. Vous allez vraiment me manquer

### Lors de mon passage éclair en neurochirurgie pédiatrique

Au Dr Joud, car travailler à tes côtés c'était vraiment sympa. Je n'oublie pas les Quicks, les petites annonces de maison à 19 heures et les photos du chat. Soyons sérieux, je me rappelle aussi des nombreux blocs et visites pas toujours très gaies en réa, et de ton amour pour les enfants ! Je te souhaite beaucoup de bonheur

A toute l'équipe de neurochirurgie pédiatrique et du bloc de l'hôpital d'enfants.

### Pour mon stage de médecine en endocrinologie

Au Pr Weryha, pour sa rigueur et son enseignement, son bon sens clinique, et pour m'avoir intégrée sans problème à son équipe

Au Pr Klein pour sa culture générale infinie

Aux Dr Chatelin, Agopiantz, Feigerlova, pour leur bonne humeur et leur enseignement

A mes co-internes sans qui tout aurait été beaucoup moins drôle : Emeline, Chloé, Amina, Mélanie, Anne-Laure

A toute l'équipe soignante, au top !

### Pour mon stage « ophtalmologie-handicap »

A Dr Caissial, pour tout. Votre savoir, votre patience, votre expérience avec les patients et votre expérience de la vie en général, votre générosité et votre hospitalité. J'ai beaucoup appris à vos côtés. Merci

A Sylvie, Amélie, Sophie, Angeline, Zohra... vous êtes passionnées et vous le transmettez. Avec vous j'ai appris à prendre le temps.

### Lors de mon passage à Epinal

A Dr Abry, c'est vraiment pour moi un honneur de venir travailler à vos côtés. Votre dextérité chirurgicale et vos connaissances forcent le respect, et je vous remercie de la confiance que vous m'accordez en m'intégrant dans votre équipe.

A Dr Laroche, Dr Huttin, Dr Heberlé : ravie de vous rejoindre pour vous seconder dans cette lourde tâche !

A toute l'équipe qui est vraiment au top du top : Nanaille, Rachel, Catherine, Mimi, Nath même si tu es partie, Elsa, Coralie, Nathalie.....vraiment hâte hâte hâte de vous retrouver !!

## **A ma famille et mes amis**

A mes parents, qui m'ont poussée à étudier la médecine alors que mes ambitions étaient bien plus modestes. A papa pour la gestion de toute la logistique des repas pendant la P1 (oui oui c'est grâce à toi que j'ai eu mon année), à maman qui a commencé à me faire réviser pour la première fois de ma scolarité pour mes colles de forma sup. Pour m'avoir surtout appris à toujours chercher des réponses aux questions que l'on se pose, en ouvrant un dictionnaire, tout le temps, sans négociation.

A ma sœur Mathilde qui ne considérera jamais sa PETITE sœur comme un vrai docteur, et qui m'a donné le goût d'apprendre en jouant à la maîtresse.

A Norbert et Salomé pour les bons moments passés ensemble.

A mes grand-mères, Mamie Pierrine qui je l'espère est fière de moi, et Mamie Monique qui je suis sûre l'aurait été.

A toute ma famille, oncles et tantes, cousins et cousines pour ces bons moments passés ensemble

A ma belle-famille qui m'accueille toujours les bras et le cœur ouverts.

A Lulu, pour ces premières années d'étude à tes côtés, nos « papouilles » dans l'amphi, les heures d'inattention totale en biochimie pour cause de discussion intensive, et cette manie de toujours tout comprendre dix fois plus vite que moi...je te souhaite plein de bonnes choses ma belle

A Marine, pour ces heures de révisions à la BU bien rythmées par une routine immuable, entrecoupées de petits moments de craquage qui nous faisaient bien rire !

A Mélanie, Anne-C, Julie, Isa, pour tous ces bons moments passés ensemble, pour réviser ou décompresser... Que de chemin parcouru depuis cette période !!

Aux garçons Stéphane, Philippe, Hervé, Bertrand, Jérôme, David, Maxime, toujours opés pour faire la fête !

A Audrey J, pour le monde qu'on a déjà refait environ 5000 fois, pour toutes les soirées passées ensemble... tu sais que chez nous sera toujours ta deuxième maison

A Sophie, la meilleure amie qu'on puisse avoir.

A Morgane parce qu'on ne se quitte pas depuis presque 30 ans maintenant,

A Hadrien que j'oublie toujours d'appeler mais qui est toujours dans mon cœur,

A tous les potes de Badou que je ne citerai pas car 10 pages ne suffiraient pas. Vous me suivez depuis le début et vous m'avez permis de décompresser une paire de fois quand j'en avais assez des révisions/de l'ECN/de l'EBO/de la thèse (au choix) avec un bon thé, une

belote et un match de foot, le tout dans un environnement sonore qui de toute façon aurait empêché toute tentative de révision !

A Mariama, mon soleil de tous les jours. Tu es la plus belle chose qui me soit arrivée, et tu n'imagines pas à quel point tu me donnes du courage. Je te souhaite tout ce qu'une mère peut souhaiter de meilleur pour son enfant.

A Badou, mon mari. Déjà 12 ans à tes côtés qui sont passés à la vitesse de la lumière. Tu as toujours su me remettre sur la bonne voie quand j'étais démotivée, sans dramatiser les choses et sans me laisser m'apitoyer sur mon sort. Surtout, tout ce temps j'ai gardé à l'esprit que la vraie vie ce n'est pas que la médecine, mais c'est tout le reste, tous ces petits bonheurs partagés, qui font que le matin je suis heureuse de me lever. Je nous souhaite une longue route encore pleine de belles aventures.

Aux patients, jeunes/moins jeunes/confiants/stressés/gentils/ronchons/reconnaissants/ou pas du tout... car vous êtes le cœur et l'essence de notre magnifique profession.

## SERMENT

« Au 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 ».

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	21
I.    Rappels historiques .....	21
II.   Description du simulateur .....	23
III.  But de l'étude.....	24
Bibliographie de l'introduction .....	25
<b>Article soumis à Acta Ophthalmologica</b> .....	26
I.    Abstract .....	27
II.   Introduction .....	28
III.  Methods .....	29
IV.  Results .....	31
V.   Discussion .....	32
VI.  References .....	35
Annexes .....	37
<b>Conclusion générale</b> .....	41

# Introduction générale

## I. Rappels historiques

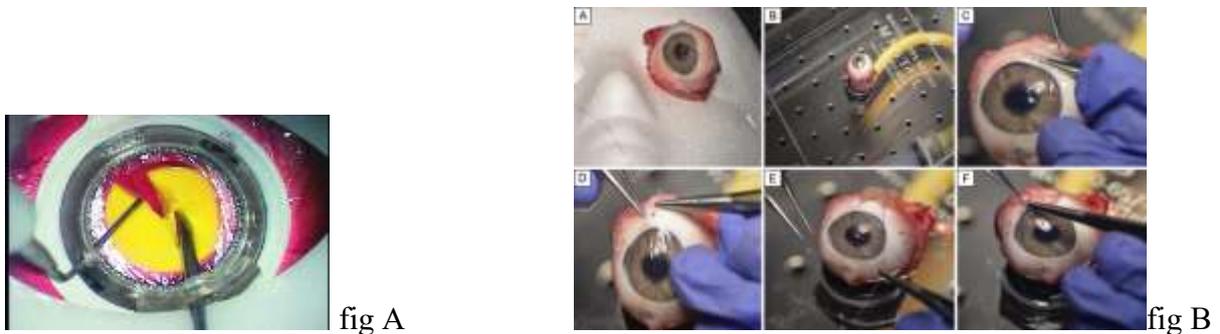
L'apprentissage de la médecine en général, et de la chirurgie en particulier, est un exercice long et délicat. L'improvisation n'y a pas sa place car elle peut être grevée de conséquences irrémédiables pour le patient. En France, le modèle de formation classique repose sur l'apprentissage théorique, puis sur l'observation en salle d'opération avant de pratiquer sous la supervision d'un médecin sénior. Néanmoins, ceci expose le patient à un taux de complications peropératoires nettement supérieur, ce qui est d'un point de vue éthique difficilement acceptable. Différentes stratégies ont donc été mises en place au fil du temps pour permettre aux étudiants de s'entraîner sans risque pour le patient.

La plus ancienne est la dissection sur cadavres, qui a débuté en Egypte antique, puis s'est développée à partir de la Renaissance jusqu'à nos jours (1). Cette pratique est à l'heure actuelle de moins en moins répandue en France, en raison d'une législation assez stricte. En effet, jusqu'au début des années 1950, les cadavres de suppliciés et des morts abandonnés fournissaient majoritairement le matériau essentiel de toute dissection. Depuis lors, seules les personnes ayant fait don de leur corps à la science sont éligibles à la dissection (2), ce qui a considérablement réduit cette pratique.



La Leçon d'anatomie du docteur Tulp, peinture de Rembrandt

Il existe aussi des « laboratoires d'entraînement », qui permettent de travailler sur différents supports. Les « wet lab » ou laboratoires humides utilisent du matériel d'origine animale, que ce soit *in vivo* (animal vivant anesthésié) ou *ex vivo* (tissus isolés d'origine animale). Les « dry lab » ou laboratoires secs utilisent quant à eux du matériel de synthèse pour reproduire différents tissus du corps humain. Cette pratique comporte deux inconvénients majeurs : l'exercice ne peut être répété qu'un nombre de fois limité (tissu animal en quantité restreinte et qui s'abîme vite, préparation du matériel de synthèse nécessaire), et il n'existe aucun système d'évaluation objectif de l'opérateur. Il ne peut donc pas appréhender sa courbe de progression, ni cibler les points sur lesquels il doit s'améliorer, à moins d'être accompagné par un tuteur « senior » qui pourrait observer ses gestes et le corriger.

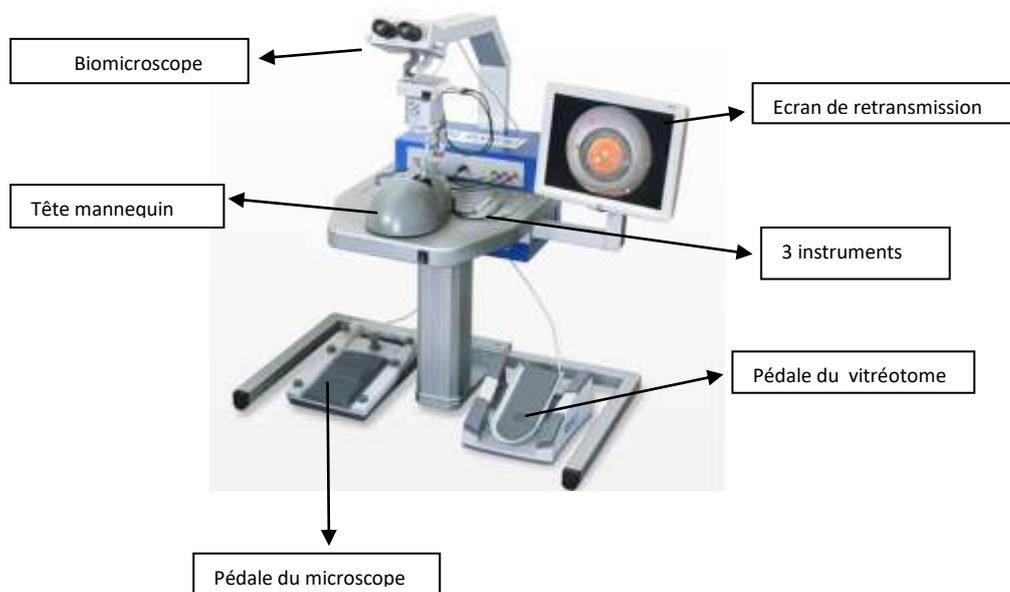


Exemples de « dry lab » (fig A kitaro drylab) utilisant une membrane synthétique pour s'exercer au capsulorhexis et de « wet lab » (fig B) avec des yeux de cadavres de porcs utilisés pour s'entraîner à la chirurgie du strabisme

Dans les années 1980, avec la multiplication des jeux vidéos, se sont développés différents simulateurs de chirurgie, notamment pour la microchirurgie (cœlioscopie, chirurgie vasculaire...) (3). Ces simulateurs n'ont cessé d'évoluer et font actuellement partie intégrante de la formation des chirurgiens dans plusieurs pays. En effet, de nombreuses études ont montré que l'utilisation de ces simulateurs améliorait les performances et diminuait le taux de complications per opératoires (4-8). En ophtalmologie, deux simulateurs ont été développés : Phacovision (Melerit, Medical, Linkoping, Sweden) et EyeSi (VR Magic, Mannheim, Germany). Ce dernier fait office de référence et il a largement été étudié concernant la chirurgie de la cataracte (4-6). Il existe aussi un module de chirurgie vitréo-rétinienne, disponible dans notre école de chirurgie à Nancy.

## II. Description du simulateur

Le simulateur est composé d'une plateforme contenant un biomicroscope qui génère une image en 3D, un écran qui retransmet l'image, un système d'observation à grand angle sans contact cornéen (B.I.O.M) et deux pédales dirigeant le microscope et le vitréotome. Sur cette plateforme est branchée une tête de mannequin, avec un œil capable de tourner et effectuer des rotations, et dans lequel deux orifices font office de sclérotomies. Trois instruments sont disponibles simulant la lumière, le vitréotome, la sonde laser ou une pince en fonction des exercices.



Simulateur EyeSi, module de chirurgie vitréorétinienne.



Tête du mannequin avec insertion des deux instruments (vitréotome et lumière).

Il existe de nombreux exercices avec pour chacun d'entre eux des niveaux de difficultés croissants. Un système de notation a été établi selon cinq critères : réussite de la tâche, efficacité, manipulation des instruments, manipulation du microscope et traitement des tissus (cf annexe 2). Le score obtenu pour chaque exercice s'étend de 0 à 100, avec un retrait de points pour chaque erreur commise lors de la réalisation de la tâche. L'opérateur peut cibler ses points faibles et recommencer l'exercice un nombre infini de fois.

### III. But de l'étude

Le simulateur EyeSi a fait l'objet de nombreuses études concernant le module de chirurgie de la cataracte, mais seulement quelques unes se sont intéressées au module de chirurgie vitréo-rétinienne (7-9). La validité de construction a été prouvée pour les exercices de navigation et de pelage de membrane épitréjinienne, mais sur l'une des premières versions du simulateur qui ne possédait pas encore le système de notation perfectionné qui existe à l'heure actuelle (7). Récemment, Vergmann et al. (8) a mis au point un programme d'entraînement qui a démontré une validité de construction pour le score total mais seulement pour 4 modules parmi les 6 testés.

Le but de notre étude est d'évaluer la validité de construction de différents exercices du module de chirurgie vitréo-rétinienne qui n'ont encore jamais été testés, afin de déterminer quels sont ceux qui mériteraient d'être inclus dans un programme d'entraînement futur.

## Bibliographie de l'introduction

1. Histoire de l'anatomie. In: Wikipédia [Internet]. 2017. Available from: [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Histoire\\_de\\_l%27anatomie&oldid=142883691](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Histoire_de_l%27anatomie&oldid=142883691)
2. Le don du corps à la science | Académie nationale de médecine [Internet]. [cited 2017 Dec 17]. Available from: <http://www.academie-medecine.fr/publication100034823/>
3. Satava RM. Virtual reality surgical simulator: the first steps. 1993. Clin Orthop. 2006 Jan;442:2–4.
4. 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 (Copenh). 2014 Nov 1;92(7):629–34.
5. Selvander M, Åsman P. Cataract surgeons outperform medical students in Eyesi virtual reality cataract surgery: evidence for construct validity. Acta Ophthalmol (Copenh). 2013 Aug 1;91(5):469–74.
6. Thomsen ASS, Kiilgaard JF, Kjærbo H, la Cour M, Konge L. Simulation-based certification for cataract surgery. Acta Ophthalmol (Copenh). 2015 Aug 1;93(5):416–21.
7. Rossi JV, Verma D, Fujii GY, Lakhnani RR, Wu SL, Humayun MS, et al. Virtual vitreoretinal surgical simulator as a training tool. Retina Phila Pa. 2004 Apr;24(2):231–6.
8. Vergmann AS, Vestergaard AH, Grauslund J. Virtual vitreoretinal surgery: validation of a training programme. Acta Ophthalmol (Copenh). 2017 Feb 1;95(1):60–5.
9. Deuchler S, Wagner C, Singh P, Müller M, Al-Dwairi R, Benjilali R, et al. Clinical Efficacy of Simulated Vitreoretinal Surgery to Prepare Surgeons for the Upcoming Intervention in the Operating Room. PLoS ONE [Internet]. 2016 Mar 10 [cited 2017 Mar 12];11(3). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4786212/>

## **Article soumis à Acta Ophthalmologica**

### **EYESI SURGICAL SIMULATOR: VALIDITY OF THE VITREORETINAL MODULES**

Cécile Cissé<sup>1</sup>, Karine Angioi<sup>1</sup>, Amandine Luc<sup>2</sup>, Jean-Paul Berrod<sup>1</sup>, Jean-Baptiste Conart<sup>1</sup>

1 Department of Ophthalmology, Nancy University Hospital, Vandœuvre-lès-Nancy, France

2 ESPRI-BioBase Unit, Platform of PARC, Nancy University Hospital, Vandœuvre-lès-Nancy, France

Correspondence:

Jean-Baptiste Conart

Service d'Ophtalmologie, Centre Hospitalier Universitaire de Nancy, Hôpitaux de Brabois, Rue du Morvan, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France

Email: [jbconart@hotmail.com](mailto:jbconart@hotmail.com)

## I. Abstract

**Purpose:** To investigate the validity of vitreoretinal modules never tested on the Eyesi surgical simulator.

**Methods:** Fifteen residents with no vitreoretinal experience and six trained vitreoretinal surgeons were included in the study. Four modules were selected in agreement with an experienced surgeon: the navigation (Nav), forceps (For), vitrector (Vit) and epiretinal membrane (ERM) peeling modules. The first level of the basic training modules (Nav1 and For1) and the two first levels of the more procedural modules (Vit1, Vit2, ERM1 and ERM2) were completed twice by both groups in the above order. Performance parameters for each task were calculated by the simulator software. The results from both iterations were recorded for analysis.

**Results:** Experienced vitreoretinal surgeons outperformed residents with regard to overall score on Nav1 ( $p=0.01$ ), For1 ( $p<0.01$ ), ERM1 ( $p=0.02$ ) and ERM2 ( $p=0.04$ ) modules. No differences in overall score were found between the two groups on Vit1 ( $p=0.17$ ) and Vit2 modules ( $p=0.26$ ).

**Conclusion:** Validity for the simulator metrics was found on four vitreoretinal modules not previously investigated, with regard to construct validity, content and the response process. These exercises could be included in a future training program that could potentially be applied into the standard ophthalmological curriculum.

## II. Introduction

Vitreoretinal surgery is technically challenging and requires many years of training to assimilate the required skills. Wet laboratory and virtual-reality simulation training provide a safe environment for novice surgeons to practice without risk for the patient. Several studies have shown that both methods shortened the learning curve, improved surgery performance and decreased morbidity (1–5) .

The Eyesi Surgical Simulator (VRmagic, Mannheim, Germany) is the predominant simulator used for training in both cataract and vitreoretinal surgery (6). It consists of many abstract and procedural training modules with increasing levels of difficulty and has the advantage over wet laboratory training of providing an objective assessment of skills (7).

Cataract surgery training has been widely investigated on the EyeSi Surgical Simulator. Construct validity, i.e., the ability to differentiate between novices' and experienced surgeons' performance, has been demonstrated in a number of modules (6) (8) (9), and training programs have subsequently been proposed based on these findings (10) (11). In addition, several authors noted that technical skill improvement was transferable from a simulated setting to the operating room (2) (4) (12), with a high correlation between performance on the virtual-reality simulator and real-life surgical performance (13).

However, only a few studies have tested the vitreoretinal modules on the EyeSi Surgical Simulator. The navigation and the epiretinal membrane peeling modules were evaluated in a pilot study using the first version of the simulator (14). Both of them were able to distinguish between different levels of expertise but evaluation criteria were different from those currently used (14). Recently, Vergmann et al. (15) developed a training program that demonstrated validity for the overall score but for only four out of the six modules included.

In the literature review of technology-enhanced simulation-based assessments, Cook et al. (16,17) showed that, of all the validity evidence sources, construct validity was by far the most common evidence element addressed in studies. Therefore, it seems essential to design a well-suited program based only on modules with discriminative ability proven earlier to be effective.

The aim of this study was to evaluate the validity of vitreoretinal modules that have not been tested to date and to determine those that could be incorporated into a training program.

### III. Methods

#### **Subjects and design**

The trial was designed as a prospective controlled interventional study. It was conducted from February to November 2016 at the Nancy School of Surgery (Faculty of Medicine, University of Lorraine).

Two groups of participants were defined based on surgical experience: novices (group 1) and experienced vitreoretinal surgeons (group 2). Group 1 consisted of residents without any vitreoretinal experience and group 2 of surgeons with at least 1 year of real-life vitreoretinal surgery experience.

We included 15 ophthalmology residents from Nancy University Hospital with clinical experience ranging from 0 months to 2 years, in group 1. In group 2, we included six surgeons from the Department of Ophthalmology or private clinics in Nancy, with vitreoretinal experience between 1 and 33 years.

Nine of the 15 residents and the six vitreoretinal surgeons had previous experience with cataract simulation but none with vitreoretinal simulation.

Both groups voluntarily participated and signed informed consent prior to the trial.

The study adhered to the tenets of the Declaration of Helsinki. The Ethics Committee of the French Society of Ophthalmology ruled that approval was not required for this study.

#### **The EyeSi Surgical Simulator**

The vitreoretinal interface on the EyeSi simulator (VRmagic, software version 2.4) was used for the study. The platform includes a virtual microscope that generates a binocular image and requires users to pan, zoom and focus with a foot-pedal control as with a real operating microscope. It also includes a mannequin with a model eye that can appropriately swivel and rotate when manipulated as well as three handheld probes designed to emulate various surgical instruments.

The simulator offers several different modules consisting of both abstract and more reality-based exercises. For each module, several levels with increasing difficulty are available. The simulator software calculates a performance score for each level, based on five criteria: target achievement, efficiency, instrument handling, microscope handling and tissue treatment (Annex 1). A maximum total of 100 points can be achieved and points are deducted for each error that occurs. Tissue injuries are the most severely punished mistakes.

We tested modules that had never been investigated or that had not yet demonstrated construct validity. Two basic modules (navigation and forceps training) and two more specific (vitrector and epiretinal membrane peeling) modules were included. Difficulty levels for each module were selected in agreement with an experienced vitreoretinal surgeon so that the tasks would be as close as possible to real-life surgery. The first level was chosen for the basic training modules and the first two levels for the vitrector and the epiretinal membrane peeling modules.

Overall, the modules included were: navigation training level 1 (Nav1), forceps training level 1 (For1), vitrector training levels 1 (Vit1) and 2 (Vit2), and epiretinal membrane peeling levels 1 (ERM1) and 2 (ERM2). A detailed description of each task is given in Annex 2.

All participants were orally instructed in a standardized manner based on a written document and were supervised by the same investigator. All tasks were performed twice during a single 60-min session in the above-given order, preceded by 15 min of familiarization with the simulator. The results from both iterations were recorded.

### **Statistical analysis**

Statistical Analysis System v9.4 was used for statistical analysis. The Kruskal-Wallis test was carried out to analyze differences in performance between the groups. The Wilcoxon signed-rank test and the Fisher test were used to test the difference within the groups. Results from the second iteration and from the first iteration were used in the intergroup and intragroup analysis, respectively. Statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

## IV. Results

Twenty-one participants were included in this study, 15 residents and six vitreoretinal surgeons.

### **Intergroup comparison**

The performance results for each module from the second iteration according to surgical experience are shown in Table 1.

Experienced surgeons achieved significantly higher median scores than novices in four modules: Nav1 (71.5 versus 52.0,  $p=0.01$ ), For1 (96.0 versus 0.0,  $p<0.01$ ), ERM1 (96.5 versus 36.0,  $p=0.02$ ) and ERM2 (98.0 versus 76.0,  $p=0.04$ ). Differences between the two groups were related to instrument handling ( $p=0.02$ ) in Nav1 module and to tissue treatment in the For1 ( $p<0.01$ ), ERM1 ( $p<0.01$ ) and ERM2 ( $p=0.02$ ) modules.

There was no difference between the two groups for the Vit1 (99.0 versus 99.0,  $p=0.17$ ) and Vit2 (98.5 versus 97.0,  $p=0.26$ ) modules.

### **Intragroup comparison**

Performance results for each module from the first and second iterations are summarized in Table 2.

Experienced surgeons slightly improved or achieved similar scores in all modules (Nav1,  $p=0.22$ ; For1,  $p=0.09$ ; Vit1,  $p=0.12$ ; Vit2,  $p=0.56$ ; ERM1,  $p=0.69$  and ERM2,  $p=0.50$ ) while novices in only four out of six modules (Nav1,  $p=0.15$ ; For1,  $p=0.43$ ; Vit1,  $p=0.27$  and Vit2,  $p=0.16$ ).

## V. Discussion

We found that experienced vitreoretinal surgeons performed better than residents for four out of six modules, thereby proving their construct validity. These findings are concordant with those of previous studies that demonstrated the validity of the EyeSi Surgical Simulator as a training and assessment tool in vitreoretinal surgery (14,15).

In this study we sought to evaluate modules that had never been tested or demonstrated their validity and to determine those that could be included in a future training program with the rationale that simulator training is most successful if included in a systematic curriculum(3,18). These modules were chosen in agreement with an experienced vitreoretinal surgeon and were based on their realism and their pedagogical value.

Two basic training modules (navigation and forceps modules) were selected to train manual dexterity and to become familiar with the dimension of the intravitreal space. For this reason, we only tested the first level of these modules. In contrast, the two other modules (vitrector and epiretinal membrane peeling modules) were chosen to more directly train and perform movements used in real-life surgery. As they represent crucial steps in vitreoretinal surgery, we investigated two levels in these modules to ensure the validity and reliability of the results.

The Nav1 module was able to discriminate trained surgeons from novices. This mainly stemmed from better instrument handling and confirmed the findings of two previous studies (14,15). Indeed, trained surgeons are more used to handling microscopic instruments and therefore make more accurate movements than novices, as Vergmann et al. and Solverson et al. previously mentioned (3,15). Furthermore, Smith et al., in their computer vision-based evaluation of cataract surgery, had already found that experts used a shorter path length and fewer movements to complete a procedure (19).

Contrary to the Vergmann et al. study, the For1 module was also able to differentiate experienced surgeons from residents despite a lower level of difficulty (15). These discrepant results may be explained by the lesser experience of the residents included in our trial (ranging from 0 months to 2 years versus 3 months to 5 years for Vergmann). Moreover, Vergmann et al. did not find any differences when comparing the performance of three groups with different levels of experience (medical students, residents and trained surgeons) (15). However, the difference reached significance when considering only the two extreme groups. We believe that this module serves as a robust task to train ophthalmologic surgeons to navigate and perform manipulations in the vitreous space while avoiding frequent error events. Thus, the difference between the two groups was mainly related to tissue treatment, because surgeons are more used to working in this environment with safety in mind. These results suggest that the For1 module is primarily designed for younger residents and should be incorporated into a training program.

Likewise, the ERM module showed significant differences regarding overall score between the two groups for both levels, which provides strong evidence of its construct validity and its place in the training curriculum. Rossi et al. had previously looked into the discriminative ability of this module, but performance was assessed from only two elements (i.e., completion time and number of retinal contacts) and the level of difficulty was not specified (14). They found that experienced surgeons outperformed novices regarding these two criteria (14). In the present study, we found similar results with more damaged tissue in the novice group compared to the trained group. This may be explained by the fact that this module requires the most accurate skills and places the subject in a realistic situation, in which stress and time may influence precision of movement. These findings further support the argument for considering a surgical simulator as a training tool before moving on to *in vivo* surgery. Several studies have already mentioned the value of repetitive training in improving performance (2,4,10,12,20,21). In cataract surgery, Berqvist et al. observed fewer complications and a higher level of skills with more training sessions while Thomsen et al. found that real-life performance was significantly improved after proficiency-based training on the EyeSi Surgical Simulator (10,12). Similarly, in vitreoretinal surgery, Deuchler et al. showed a beneficial effect of warm-up training on subsequent performance in the operating room for both novice and experienced surgeons (20).

In contrast, there was no difference between the two groups for both levels of the vitrector module, although all results showed a trend toward higher scores in the experienced group. This could be explained by the scoring system, which was mainly based on completion time and tissue treatment. Instrument handling was not considered in this module and therefore the lack of precision was not sanctioned. Given the results of the Nav1 module, we could have expected greater differences between the two groups if this factor had been taken into account.

Before it can be used as a training tool, a simulator has to demonstrate validity evidence. There are several sources of validity in the current evidence-oriented framework, but as Cook et al. mentioned in their literature review, the most common element of evidence is relations with a learner characteristic (association with training level), addressed in nearly 75% of studies examining technology-enhanced simulation-based assessment (17). This evidence source was found in our study, as experienced surgeons performed better than novices in four of the six modules selected. Two other sources were also present: content (degree to which a test measures what it is intended to measure) and response process (evidence of data integrity such that all sources of error associated with the test are controlled or eliminated). Content evidence was found given that all modules were selected in agreement with an expert surgeon. Response process evidence was partly fulfilled by considering only the results from the second iteration for analysis. Moreover, all sessions were preceded by 15 min of familiarization and supervised by the same investigator, thus providing a standardized instruction. We assume these measures help reduce errors related to a misunderstanding of the tasks or a misuse of the simulator.

Contrary to previous studies, we did not highlight a significant improvement in module scores from the first to second iteration for the residents (10,11,15,22,23). This discrepancy may be explained by differences in the study set-up. Indeed, most studies reporting an improvement after a repetitive training program, investigated performance at two or more separate sessions (10,15,23). In our trial, all modules were carried out during a single session and both fatigue and loss of concentration over time may have affected residents' performance, as demonstrated by the lower scores of the last tasks. This may be considered as a limitation, but this study was not designed to evaluate the learning curve and additional studies are therefore required to investigate this point further. Nonetheless, this finding suggests that several short sessions are probably more effective than a single one with a longer time.

Another limitation of the present study was the low number of residents and surgeons. We were not able to recruit more participants, especially experienced vitreoretinal surgeons, who are very few in numbers in our department. However, significant differences could be found for several parameters despite the low number of attendees.

In this study, we have demonstrated validity evidence for the EyeSi Surgical Simulator metrics on four modules that had never been investigated. We suggest these modules could be included in a future training program. Further studies are needed to validate such a program and then to establish a proficiency-based test that ensures that novices are sufficiently qualified before moving on to the operating room.

## VI. References

1. Feudner 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 Jul 1;247(7):955.
2. 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 Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*. 2013 Mar;251(3):777–81.
3. 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. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2009;4(2):98–103.
4. McCannel CA, Reed DC, Goldman DR. Ophthalmic Surgery Simulator Training Improves Resident Performance of Capsulorhexis in the Operating Room. *Ophthalmology*. 2013 Dec 1;120(12):2456–61.
5. 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*. 2017 Apr 20;
6. Selvander M, Åsman P. Cataract surgeons outperform medical students in Eyesi virtual reality cataract surgery: evidence for construct validity. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 2013 Aug 1;91(5):469–74.
7. Khalifa YM, Bogorad D, Gibson V, Peifer J, Nussbaum J. Virtual reality in ophthalmology training. *Surv Ophthalmol*. 2006 Jun;51(3):259–73.
8. Mahr MA, Hodge DO. Construct validity of anterior segment anti-tremor and forceps surgical simulator training modules: attending versus resident surgeon performance. *J Cataract Refract Surg*. 2008 Jun;34(6):980–5.
9. 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.
10. 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 (Copenh)*. 2014 Nov 1;92(7):629–34.
11. 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*. 2013 Nov;27(11):1269–74.

12. Thomsen ASS, Bach-Holm D, Kjærbo H, Højgaard-Olsen K, Subhi Y, Saleh GM, et al. Operating Room Performance Improves after Proficiency-Based Virtual Reality Cataract Surgery Training. *Ophthalmology*. 2016 Dec 22;
13. 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 (Copenh)*. 2016 Sep 29;
14. Rossi JV, Verma D, Fujii GY, Lakhanpal RR, Wu SL, Humayun MS, et al. Virtual vitreoretinal surgical simulator as a training tool. *Retina Phila Pa*. 2004 Apr;24(2):231–6.
15. Vergmann AS, Vestergaard AH, Grauslund J. Virtual vitreoretinal surgery: validation of a training programme. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 2017 Feb 1;95(1):60–5.
16. Cook DA, Zendejas B, Hamstra SJ, Hatala R, Brydges R. What counts as validity evidence? Examples and prevalence in a systematic review of simulation-based assessment. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. 2014 May;19(2):233–50.
17. Cook DA, Brydges R, Zendejas B, Hamstra SJ, Hatala R. Technology-enhanced simulation to assess health professionals: a systematic review of validity evidence, research methods, and reporting quality. *Acad Med J Assoc Am Med Coll*. 2013 Jun;88(6):872–83.
18. Le TDB, Adatia FA, Lam W-C. Virtual reality ophthalmic surgical simulation as a feasible training and assessment tool: results of a multicentre study. *Can J Ophthalmol J Can Ophtalmol*. 2011 Feb;46(1):56–60.
19. Smith P, Tang L, Balntas V, Young K, Athanasiadis Y, Sullivan P, et al. “PhacoTracking”: An Evolving Paradigm in Ophthalmic Surgical Training. *JAMA Ophthalmol*. 2013 May 1;131(5):659–61.
20. Deuchler S, Wagner C, Singh P, Müller M, Al-Dwairi R, Benjilali R, et al. Clinical Efficacy of Simulated Vitreoretinal Surgery to Prepare Surgeons for the Upcoming Intervention in the Operating Room. *PLoS ONE [Internet]*. 2016 Mar 10 [cited 2017 Mar 12];11(3). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4786212/>
21. Belyea DA, Brown SE, Rajjoub LZ. Influence of surgery simulator training on ophthalmology resident phacoemulsification performance. *J Cataract Refract Surg*. 2011 Oct;37(10):1756–61.
22. Selvander M, Åsman P. Virtual reality cataract surgery training: learning curves and concurrent validity. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 2012 Aug 1;90(5):412–7.
23. Thomsen ASS, Kiilgaard JF, Kjærbo H, la Cour M, Konge L. Simulation-based certification for cataract surgery. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 2015 Aug 1;93(5):416–21.

## Annexes

### Annex 1: Vitreoretinal module assessment score

	Nav1	For1	Vit1/2	ERM 1/2
Target achievement -removed membrane	+	+	+	+
Efficiency -time	+	+	+	+
Instrument handling -inserted or removed open forceps -operating outside light cone -operating without light probe -odometer -instrument slipped out of sphere	+	+	-	+
Microscope handling	+	+	-	-
Tissue treatment -injured macula area -injured retina (extramacular) area -macular spotted hemorrhages -spotted hemorrhages -injured lens area -phototoxicity -intraocular pressure too high or too low -vitrector suction on retina -retina holes outside arcades -unstabilized retinal holes (outsides arcades)	+	+	+	+

+ indicates that this element was considered in the module assessment score, - indicates that this element was not considered in the module assessment score.

Nav1 = navigation module level 1, For1 = forceps module level 1, Vit1 and vit2 = vitrector module levels 1 and 2, ERM 1 and 2 = epiretinal membrane peeling module levels 1 and 2

## Annex 2: Description of the modules

### **Navigation training 1**

Several red spheres are arranged in the vitreous. The trainee inserts the needle and a light source into the eye and inserts the tip of the needle into a sphere until the sphere turns green.

Training goals: train manual dexterity/get used to working in the light cone/understand the dimension of the intravitreal space

### **Forceps training 1**

A block and a tube shape are arranged in the vitreous. The trainee uses the forceps to grasp the block and move it to insert it into the tube shape.

Training goals: get used to handling the forceps/learn how to perform accurate instrument movements/improve hand–eye coordination

### **Vitrector training 1**

Several spheres are arranged in the vitreous and in the periphery. The trainee uses the vitrector to remove the spheres from the eyes. The spheres are distant from the retina.

Training goals: train handling of the vitrector/practice adjusting the OR matching settings/learn the effects of different vacuum and cut rates

### **Vitrector training 2**

This is the same exercise as vitrector level 1 except that some spheres are very close to the retina

### **Epiretinal membrane level 1**

A fine, white epiretinal membrane covers the retina. The trainee removes the epiretinal membrane using the forceps and uses the vitrector to remove floating membrane parts.

Training goals: learn to manipulate membranes/practice peeling epiretinal membranes/control vacuum and cut rate with the OR machine.

### **Epiretinal membrane level 2**

This is the same exercise as the epiretinal membrane level 1, but in this exercise the membrane contains strong punctual adhesions.

Table 1: Intergroup comparison: scores of residents versus trained surgeons

	Group 1 (residents)	Group 2 (surgeons)	<i>p</i> -value
Nav1 Median (range)	52.0 (0.0–67.0)	71.5 (54.0–87.0)	0.01*
Instrument handling (%)			0.02**
Average	0.0	50.0	
Poor	13.3	0.0	
Failing	86.7	50.0	
For1 Median (range)	0.0 (0.0–99.0)	96.0 (84.0–100.0)	<0.01*
Tissue treatment (%)			<0.01**
Excellent	20.0	83.3	
Good	0.0	16.7	
Average	13.3	0.0	
Poor	6.7	0.0	
Failing	60.0	0.0	
Vit1 Median (range)	99.0 (71.0–100.0)	99.0 (98.0–100.0)	0.17
Vit2 Median (range)	97.0 (46.0–100.0)	98.5 (77.0–99.0)	0.26
ERM1 Median (range)	36.0 (0.0–100.0)	96.5 (85.0–100.0)	0.02*
Tissue treatment (%)			<0.01**
Excellent	20.0	66.7	
Good	0.0	33.3	
Average	13.3	0.0	
Poor	13.3	0.0	
Failing	53.3	0.0	
ERM2 Median (range)	76.0 (0.0–100.0)	98.0 (96.0–100.0)	0.04*
Tissue treatment (%)			0.02**
Excellent	20.0	100.0	
Good	13.3	0.0	
Average	13.3	0.0	
Poor	13.3	0.0	
Failing	40.0	0.0	

Data represent the median scores for each module according to surgical experience. Discriminative criteria were mentioned in case of a statistically significant difference

\* Statistically significant using Kruskal-Wallis test

\*\* Statistically significant using Fisher test for qualitative variables, Wilcoxon test for quantitative variables

Nav1 = navigation module level 1, For1 = forceps module level 1, Vit1 and vit2 = vitrector module levels 1 and 2, ERM 1 and 2 = epiretinal membrane peeling module levels 1 and 2

Table 2: Intragroup comparison between the two attempts, for residents and trained surgeons.

	Group 1 (residents)			Group 2 (surgeons)		
	Attempt 1 Median(range)	Attempt 2 Median(range)	p- value	Attempt 1 Median(range)	Attempt 2 Median(range)	p- value
<b>Nav1</b>	45.0 (6.0– 65.0)	52.0 (0.0– 67.0)	0.15	57.5 (47.0– 78.0)	71.5 (54.0– 87.0)	0.22
<b>For1</b>	0.0 (0.0–98.0)	0.0 (0.0–99.0)	0.43	56.0 (0.0– 98.0)	96.0 (84.0– 100.0)	0.09
<b>Vit1</b>	97.0 (73.0– 99.0)	99.0 (71.0– 100.0)	0.27	98.0 (95.0– 100.0)	99.0 (98.0– 100.0)	0.12
<b>Vit2</b>	95.0 (38.0– 99.0)	97.0 (46.0– 100.0)	0.16	98.0 (93.0– 99.0)	98.5 (77.0– 99.0)	0.56
<b>ERM1</b>	42.0 (0.0– 98.0)	36.0 (0.0– 100.0)	0.95	95.5 (82.0– 100.0)	96.5 (85.0– 100.0)	0.69
<b>ERM2</b>	77.0 (0.0– 100.0)	76.0 (0.0– 100.0)	0.63	98.0 (29.0– 98.0)	98.0 (96.0– 100.0)	0.50

Data represent the median scores of the two attempts for both groups.

Nav1 = navigation module level 1, For1 = forceps module level 1, Vit1 and vit2 = vitrector module levels 1 and 2, ERM 1 and 2 = epiretinal membrane peeling module levels 1 and 2

## **Conclusion générale**

Nous avons donc prouvé la validité de quatre modules de chirurgie vitréorétinienne du simulateur EyeSi. Des études ultérieures pourraient permettre de valider des programmes d'entraînement contenant différents modules de difficulté croissante, ajustables au niveau de chaque interne. La chirurgie vitréorétinienne est extrêmement difficile en raison de la précision et la minutie qu'elle exige, et la moindre erreur peut être grevée de conséquences lourdes en engageant le pronostic visuel du patient. S'entraîner de manière virtuelle et être contraint d'obtenir un score minimal sur différents modules avant d'être autorisé à intervenir au bloc opératoire semble être, à l'heure actuelle, une pratique responsable et sécurisante. Certains pays, comme les Etats-Unis, ont déjà intégré la simulation chirurgicale dans le programme de formation et d'évaluation des internes. L'idée serait intéressante en France, mais il faudrait élargir l'accès aux internes à ces machines extrêmement coûteuses.

VU

NANCY, le **1<sup>er</sup> mars 2018**

Le Président de Thèse

**Professeur Karine ANGIOI**

NANCY, le **09 mars 2018**

Pour le Doyen de la  
Faculté de Médecine Le  
Vice-Doyen,

**Professeur Marc DEBOUVERIE**

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ 10207

NANCY, le **15 mars 2018**

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE,

**Pierre MUTZENHARDT**

---

## RESUME

**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 4 modules de formation à la chirurgie vitréo-rétinienne, afin de confirmer sa validité de construction pour ceux-ci.

**Matériel et Méthodes :** Nous avons inclus 21 participants répartis en 2 groupes : les « internes » (15 internes sans expérience chirurgicale vitréo-rétinienne) et les « experts » (6 chirurgiens vitréo-rétiniens confirmés). Nous avons sélectionné 4 modules d'entraînement du simulateur : navigation, forceps, vitrectomie et pelage de membrane épitréinienne. Seul le niveau 1 a été testé pour les modules « navigation » et « forceps » (Nav1 et For1), et les 2 premiers niveaux ont été testés pour les modules « vitrectomie » et « pelage de membrane épitréinienne » (Vit1, Vit2, MER1 et MER2). Deux essais ont été réalisés par exercice, et seuls les résultats du deuxième ont été pris en compte pour l'analyse statistique.

**Résultats :** Les experts ont obtenu des scores médians significativement supérieurs à ceux des novices dans les exercices Nav1 (71,5 versus 52,0 ;  $p=0,01$ ), For1 (96,0 vs 0,0 ;  $p<0,01$ ), MER1 (96,5 versus 36,0 ;  $p=0,02$ ) et MER2 (98,0 versus 76,0 ;  $p<0,05$ ). Aucune différence n'a été mise en évidence pour les exercices Vit1 ( $p=0,17$ ) et Vit2 ( $p=0,26$ ).

**Conclusion :** Cette étude démontre la validité de construction du simulateur EyeSi pour 4 exercices du module de chirurgie vitréo-rétinienne. 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.

---

**TITRE EN ANGLAIS :** EyeSi surgical simulator : validity of the vitreoretinal modules

---

**THÈSE :** MÉDECINE SPÉCIALISÉE – ANNÉE 2018

---

**MOTS-CLEFS :** validité, EyeSi, chirurgie vitréorétinienne, simulation chirurgicale

---

### INTITULÉ ET ADRESSE

**Université de Lorraine**  
Faculté de médecine  
9, avenue de la Forêt de Haye  
54505 Vandoeuvre-lès-Nancy

---