



**HAL**  
open science

# Validation d'un test d'évaluation sur simulateur en chirurgie vitréo-rétinienne

Charlotte Jaud

► **To cite this version:**

Charlotte Jaud. Validation d'un test d'évaluation sur simulateur en chirurgie vitréo-rétinienne. Médecine humaine et pathologie. 2020. hal-04042810

**HAL Id: hal-04042810**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-04042810>**

Submitted on 23 Mar 2023

**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

2020

**THESE**

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR EN MEDECINE**

Présentée et soutenue publiquement

Dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée

Par

**Charlotte JAUD**

Née le 08/03/1990 à Meaux

le 16 septembre 2020

**VALIDATION D'UN TEST D'EVALUATION SUR  
SIMULATEUR EN CHIRURGIE VITREORETINIENNE**

Examineurs de la thèse :

M. le Professeur Jean-Paul BERROD

Président du jury

Mme. le Professeur Karine ANGIOI

Juge

M. le Professeur Pascal ESCHWEGE

Juge

M. le Docteur Jean-Baptiste CONART

Juge et Directeur de thèse



**UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE**



FACULTÉ de MÉDECINE  
NANCY

**Président de l'Université de Lorraine :**

**Professeur Pierre MUTZENHARDT**

**Doyen de la Faculté de Médecine :**

**Professeur Marc BRAUN**

**Vice-doyenne**

Pr Laure JOLY

**Assesseurs :**

*Premier cycle* : Dr Nicolas GAMBIER

*Deuxième cycle* : Dr Antoine KIMMOUN

*Troisième cycle* : Pr Laure JOLY

*Formation à la recherche* : Pr Nelly AGRINIER

*Relations Grande Région* : Pr Thomas FUCHS-BUDER

*CUESIM* : Pr Stéphane ZUILY

*SIDES* : Dr Julien BROSEUS

*Vie Facultaire* : Dr Philippe GUERCI

*Étudiant* : Mme Audrey MOUGEL

**Chargés de mission**

*Docimologie* : Dr Jacques JONAS

*Orthophonie* : Pr Cécile PARIETTI-WINKLER

*PACES* : Pr Mathias POUSSEL

*Relations internationales* : Pr Jacques HUBERT

*Présidente du Conseil de la Pédagogie* : Pr Louise TYVAERT

*Président du Conseil Scientifique* : Pr Jean-Michel HASCOET

=====

**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 – Henry COUDANE -  
Jean-Pierre CRANCE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Jean-Bernard DUREUX - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE -  
Bernard FOLIGUET - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER –  
Jean-Luc GEORGE - Alain GERARD - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ –  
Simone GILGENKRANTZ -Gilles GROSDIDIER - François GUILLEMIN - Philippe HARTEMANN –  
Gérard HUBERT - Claude HURIET - Michèle KESSLER - François KOHLER - Henri LAMBERT - Pierre LANDES  
- Pierre LASCOMBES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain LE FAOU - Jacques LECLERE -  
Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN - François MARCHAL –  
Jean-Claude MARCHAL – Yves MARTINET - Pierre MATHIEU - Michel MERLE - Daniel MOLÉ - Pierre MONIN -  
Pierre NABET – Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS - Francis PENIN - Claude PERRIN - Luc PICARD -  
François PLENAT - Jean-Marie POLU - Jacques POUREL - Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER –  
Denis REGENT - Jacques ROLAND - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Michel SCHWEITZER –  
Daniel SIBERTIN-BLANC - Claude SIMON - Danièle SOMMELET - Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER -  
Gilbert THIBAUT - Paul VERT - Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET –  
Jean-Pierre VILLEMOT - Michel WEBER – Denis ZMIROU - Faïez ZANNAD

=====

## PROFESSEURS ÉMÉRITES

Etienne ALIOT - Pierre BEY - Henry COUDANE - Serge BRIANÇON - Jean-Marie GILGENKRANTZ –  
Simone GILGENKRANTZ - Michèle KESSLER - Alain LE FAOU - Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS –  
Luc PICARD - François PLENAT -  
Jean-Pierre VILLEMOT - Faiez ZANNAD

=====

## PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

### 42<sup>e</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

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

Professeur Marc BRAUN – Professeure Manuela PEREZ

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

Professeur Christo CHRISTOV

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

Professeur Guillaume GAUCHOTTE

### 43e Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

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

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

Professeur Antoine VERGER

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

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeur Serge BRACARD –

Professeure Valérie CROISÉ - Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur Benjamin GORY –

Professeur Damien MANDRY - Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

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

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

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

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

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUÉL - Professeur Mathias POUSSEL

#### 3<sup>e</sup> sous-section (*Biologie cellulaire*)

Professeure Véronique DECOT-MAILLERET

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

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

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

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

Professeur Alain LOZNIÉWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

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

Professeure Marie MACHOUART

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

Professeur Bruno HOEN - Professeur Thierry MAY - Professeure Céline PULCINI –

Professeur Christian RABAUD

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

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

Professeure Nelly AGRINIER - Professeur Francis GUILLEMIN

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

Professeure Eliane ALBUISSON - Professeur Nicolas JAY

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

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

Professeur Pierre FEUGIER

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

Professeur Thierry CONROY - Professeur Frédéric MARCHAL - Professeur Didier PEIFFERT –

Professeur Guillaume VOGIN

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

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

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

Professeur Philippe JONVEAUX - Professeur Bruno LEHEUP

### 48<sup>e</sup> Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE

## **ET THÉRAPEUTIQUE**

### **1<sup>re</sup> sous-section : (Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire)**

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

### **2<sup>e</sup> sous-section : (Médecine intensive-réanimation)**

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

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

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU

### **4<sup>e</sup> sous-section : (Thérapeutique-médecine de la douleur ; addictologie)**

Professeur Nicolas GIRERD - Professeur François PAILLE - Professeur Patrick ROSSIGNOL

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

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

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Sébastien RICHARD –  
Professeur Luc TAILLANDIER Professeure Louise TYVAERT

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

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

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

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Vincent LAPREVOTE - Professeur Raymund SCHWAN

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

Professeur Bernard KABUTH

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

Professeur Jean PAYSANT

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

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

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

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

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX

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

Professeure Anne-Claire BURSZTEJN - Professeur Jean-Luc SCHMUTZ

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

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

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

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

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT

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

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET –

Professeur Yves JUILLIERE

Professeur Nicolas SADOUL

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

Professeur Juan-Pablo MAUREIRA - Professeur Stéphane RENAUD

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

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY

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

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

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

### **2<sup>e</sup> sous-section : (Chirurgie viscérale et digestive)**

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD –

Professeure Adeline GERMAIN

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

Professeur Luc FRIMAT - Professeure Dominique HESTIN

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

Professeur Pascal ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

## **53<sup>e</sup> Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET MÉDECINE GÉNÉRALE**

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

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

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

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

Professeur Jean-Marc BOIVIN – Professeur Paolo DI PATRIZIO

## **54<sup>e</sup> Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-**

## **OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

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

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET  
Professeur Emmanuel RAFFO - Professeur Cyril SCHWEITZER

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

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

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

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

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

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

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

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

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER

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

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD

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

Professeure Muriel BRIX

=====

## **PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS**

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

Professeur Walter BLONDEL

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

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

### **65<sup>e</sup> Section : BIOLOGIE CELLULAIRE**

Professeure Céline HUSELSTEIN

=====

## **PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE**

Professeure associée Sophie SIEGRIST

Professeur associé Olivier BOUCHY

=====

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

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

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

Docteur Bruno GRIGNON

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

Docteure Isabelle KOSCINSKI

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

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

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Catherine MALAPLATE –

Docteur Marc MERTEN - Docteur Abderrahim OUSSALAH

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

Docteure Silvia DEMOULIN-ALEXIKOVA - Docteur Jacques JONAS

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

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

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

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

Docteure Anne DEBOURGOGNE

**46° Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ**

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

Docteur Cédric BAUMANN - Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE  
Docteur Arnaud FLORENTIN (stagiaire)

**2° sous-section (Médecine et Santé au Travail)**

Docteure Isabelle THAON

**3° sous-section (Médecine légale et droit de la santé)**

Docteur Laurent MARTRILLE

**47° Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE**

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

Docteur Julien BROSEUS – Docteure Maud D'AVENI

**2° sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)**

Docteure Lina BOLOTINE

**3° sous-section : (Immunologie)**

Docteure Alice AARNINK (stagiaire)

**4° sous-section : (Génétiq**

Docteure Céline BONNET

**48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**1° sous-section : (Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire)**

Docteur Philippe GUERCI

**2° sous-section : (Médecine intensive-réanimation)**

Docteur Antoine KIMMOUN

**3° sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)**

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

**49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION**

**2° sous-section : (Neurochirurgie)**

Docteur Fabien RECH (stagiaire)

**3° sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)**

Docteur Thomas SCHWITZER (stagiaire)

**50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

**4° sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)**

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

**51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

**3° sous-section : (Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire)**

Docteur Fabrice VANHUYSE

**4° sous-section : (Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire)**

Docteure Nicla SETTEMBRE

**52° Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

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

Docteur Anthony LOPEZ

**2° sous-section : (Chirurgie viscérale et digestive)**

Docteur Cyril PERRENOT

**53° Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET MÉDECINE GÉNÉRALE**

**3° sous-section : (Médecine générale)**

Docteure Kénora CHAU (stagiaire)

**54° Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**4° sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; Gynécologie médicale)**

Docteure Eva FEIGERLOVA

**5° sous-section : (Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)**

Docteur Mikaël AGOPIANTZ (stagiaire)

**55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

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

Docteur Patrice GALLET

=====

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES

### 5<sup>e</sup> Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

### 7<sup>e</sup> Section : SCIENCES DU LANGAGE : LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES

Madame Christine DA SILVA-GENEST

### 19<sup>e</sup> Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

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

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

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

Madame Nathalie AUCHET - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ - Monsieur Christophe NEMOS

### 66<sup>e</sup> Section : PHYSIOLOGIE

Monsieur Nguyen TRAN

### 69<sup>e</sup> Section : NEUROSCIENCES

Madame Sylvie MULTON

=====

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Docteur Cédric BERBE

=====

## 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)*  
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)  
*Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)*

Professeure Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)  
*Université de Pennsylvanie (U.S.A)*  
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)*

## **REMERCIEMENTS**

**A notre Maître et Président du Jury**

**Monsieur le Professeur Jean-Paul Berrod**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Ophtalmologie

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

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

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 Maître et Juge**

**Madame Le Professeur Karine Angioi-Duprez**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Ophtalmologie

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

Vos connaissances, votre rigueur et votre sens clinique sont pour nous des modèles.

Nous avons eu le privilège de bénéficier de votre précieux enseignement durant cet internat.

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

**A notre Maître et Juge**

**Monsieur le Professeur Pascal Eschwege**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Urologie

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

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

**A notre Maître et Directeur de Thèse**

**Monsieur le Docteur Conart**

Praticien Hospitalier d'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.

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,**

**En ophtalmologie,**

A JB, pour ton encadrement précieux à nos côtés dans le service, et plus particulièrement pour cette année intensive de binôme bloc/consultation/thèse. Je te serai éternellement reconnaissante pour ton enseignement chirurgical, j'ai beaucoup appris de tous tes précieux conseils et tes talents d'opérateur m'ont presque autant impressionnée que tes talents de chanteur ;) Merci pour ton dévouement et toutes ces heures passées à l'élaboration de ce travail. J'espère ne pas t'avoir trop offusqué par mon insolence ☺. Je te souhaite la belle carrière hospitalo-universitaire que tu mérites, et bien plus de bonheurs encore dans ta vie personnelle.

Au Dr Bazard, pour votre enseignement en ophtalmologie pédiatrique, votre bienveillance, et votre patience exemplaire avec les enfants... et avec les parents !

Au Dr Lesure, pour votre bonne humeur et votre humour qui ambientent le service. Merci de m'avoir permis d'opérer à vos côtés. Les « staffs » cafés/spritz de maman/potins dans votre bureau vont beaucoup me manquer ! Je vous souhaite une belle retraite, maintenant que le liner est posé !

Au Dr Maalouf, pour votre rigueur, vos compétences chirurgicales et votre implication dans la transmission de vos connaissances aux internes.

A Véro, pour ton enseignement médical et chirurgical, surtout au cours d'un semestre intensif adulte/pédia passé ensemble.

Au Dr Petry, pour m'avoir fait découvrir l'ophtalmologie avec toute la passion qui vous anime, avec patience sans jamais regarder l'heure malgré un emploi du temps toujours très bien rempli ! J'ai beaucoup d'admiration pour votre soif de toujours continuer à vous enrichir de nouvelles connaissances, et votre envie de nous les transmettre.

Au Dr Perone, pour votre accompagnement lors de mon semestre à Mercy.

Au Dr Caissial, pour m'avoir fait bénéficier de votre grande expérience et m'avoir fait découvrir une autre facette de l'ophtalmologie. Merci pour votre gentillesse, et pour vos enrichissantes leçons de vie autour de la traditionnelle salade de fruit à partager !

### **En neurochirurgie pédiatrique,**

Au Pr Klein, pour votre encadrement lors de mon passage enrichissant dans votre service.

Au Dr Joud, avec qui j'ai eu un réel plaisir de découvrir une autre spécialité le temps d'un semestre. Je garderai le souvenir de votre inconditionnel dévouement pour les enfants.

Au Dr Guerbouz, pour ton extrême gentillesse, tes compétences et ton impressionnante capacité à faire vite, bien, et avec ce qu'on avait sous la main !

### **En chirurgie maxillo-faciale,**

Au Dr Talbi, pour m'avoir accueillie avec bienveillance dans votre service où j'ai beaucoup appris.

Au Dr Khairallah, pour d'agréables moments passés ensemble, autour de sushis en garde ou avec du Jelonet roulé dans les narines au bloc...qui l'eût cru après un premier contact aussi décoiffant ?

Au Dr Zreiqy, pour m'avoir traitée comme une princesse au milieu de tous ces hommes !

Au Dr Brengard, pour ta sympathie et ton dévouement pour les patients.

Au Dr Serbanescu, pour ta gentillesse, et pour m'avoir encadrée en chirurgie des brûlés.

**A mes chefs de clinique et mes co-internes**, qui m'auront permis de créer de nouvelles belles amitiés,

A Cécilou, que j'aurais pu mettre dans la catégorie du dessus tant tu m'as appris. Quelle chance d'avoir été ton binôme de rouge à mon arrivée à Brabois ! Merci pour tous tes précieux conseils, toujours avec le sourire et sans jugement, tu m'as permis de prendre un peu confiance en moi (et beaucoup dans les corticoïdes^^). Tu es vite devenue une véritable amie, et même si l'on ne travaille plus ensemble, c'est toujours un plaisir de débriefer par téléphone et de constater qu'on pense souvent la même chose... qui sait peut-être qu'un jour tu reviendras respirer l'air frais des Vosges ?

A Mathilde, pour ta douceur et ton humour, pour nos sessions potins sur la route du retour le soir qui vont terriblement me manquer. On se rattrapera bientôt autour de petits goûters cookies/petits pots ! Et pour ta grande disponibilité en tant que chef, Dr MBB ;)

A Anne-Laure, la boucle est bientôt bouclée : tu m'as fait découvrir l'ophtalmo et je suis ravie de te rejoindre très bientôt à Epinal !

A Estelle, pour ton rire communicatif ! Merci pour tous tes avis éclairés sur des patients souvent... compliqués !

A Laure, pour ton dynamisme et tes explications passionnées sur la blépharite aux patients de ZR !

A Julie C., tu m'impressionnes par ta dextérité chirurgicale et ton immense zenitude au bloc lorsque tu me laissais jardiner (« jme suis dit que foutu pour foutu... ! »). Un grand merci d'avoir été celle qui a pris le temps de me laisser débiter au bloc, tu es une super chef !

Aux plus anciens avec qui j'ai peu travaillé : Beber et Pauline, ou pas du tout : Momo, Alex, Louis et Fanny... mais qui ont toujours été très accueillants !

A Alix, pour ta précieuse amitié au quotidien, ton soutien, nos sessions apéros et nos sessions runnings (ne progresse pas trop vite pdt ma pause !). Tu m'impressionnes par ton investissement dans le service et tes compétences énormes en ophtalmo !

A Julie F, ma Juju d'amour, pommettes rosées et couette qui s'agite quand tu mens, tu rayannes de ton sourire colgate et ta bonne humeur permanente. Je garde l'espoir d'une reconversion de Maxime dans le Munster !

A Alexia, ma Tatan, un sacré numéro ! Bien que ton côté Kim ait failli me traumatiser lors de notre première repart, j'ai vite compris que ta rigueur et ton honneteté faisaient partie de tes immenses qualités. J'ai tellement hâte de retravailler au quotidien avec toi, tu es le meilleur binôme de co-chef dont j'aurais pu rêver. Promis, je te ferai plein de gâteaux pour compenser ma passion à te chamberer (« qui aime bien... »). Avec l'espoir que cette collab' ne s'arrête pas là, vivement les sessions aquagym/mojitos dans ma piscine ;)

A François, mon poto, pour ton agréable compagnie, ces bons souvenirs à Mercy (mention spéciale pour ton enfumage professionnel au staff) et pour me laisser toujours mordre un bout dans ton dessert !

A Maxime, modèle de calme et de sérénité, merci pour ces pauses cafés entre 2 patients à réanimer à Mercy !

A Piotr, pour ces bons moments à Metz, à la tarte au flan et ton amour pour les chiens, et parce que j'adore faire la bise à tes joues moelleuses !

A Alice, binôme d'arrivée au chu et binôme en dernier semestre pour mon plus grand plaisir, parce que j'adore me moquer de ta petite moue boudeuse ! Tu es la seule à ne pas avoir conscience de tes qualités humaines et professionnelles !

A Soline, ma Sosodu06, à ton amour pour notre hiver lorrain, ta conduite de championne, tes talents de cuisinière, et tes abdos à la Sissy ! Mais surtout à ta profonde et sincère gentillesse (ce serait quand même bien que t'apprennes à bitcher un peu !)

A Chloé, notre maman du semestre, à notre passion commune pour la bouffe/le sucre/le gras... faudrait peut-être que je me mette à ta passion pour le sport ! Même si ce n'est pas sur la route tu feras bien un crochet sur Epinal pour des petits apéros/debrief de nos déboires de début d'assistantat ;)

A J-C, qu'il est impossible de ne pas aimer ! Ta curiosité intellectuelle pour des sujets multiples et variés me fera toujours sourire (#covid). C'est toujours un réel plaisir de passer du temps en ta compagnie !

A Florian, je suis triste de ne plus travailler avec toi alors que je commençais seulement à décrypter ton humour très 3<sup>ème</sup> degré !

... et à Augustin, le bébé de notre super promo 2015 !

A Justine, mon coup de cœur de ce dernier semestre, j'entends déjà les flammes de l'enfer crépiter autour de ton trône, fais-moi une place j'apporte les ragots... et l'apéro !

A Marie, pour ton franc-parler et ta sincérité. Mille mercis pour ta compréhension quand tu gérais notre organisation !

A Sarah, notre bulldozer toujours motivé qui nous dégomme la consult' ! Et à tes expressions que j'adore : yooo ça getzzzz ?

A Zerine le dauphin (désolée, faute à JB), un vrai gentil comme il en existe peu !

A Dimitri, à ton syndrome de persécution, et pour avoir été bon public face à mes blagues grasses lors de nos sessions simulateur (encore fallait-il que les conditions soient réunies : j'ai mal au genou, j'ai les lentilles qui collent^^)

A Anne-Claude, à ta gentillesse, ta douceur, et ton investissement pour les patients.

A Geoffrey, frère, pour ton humour qui met l'ambiance et ton accent que j'aime tant !

A JB G., pour ton naturel et ta franchise ! Ca ne te dirait pas d'attendre mai pour ton semestre à Epinal ?

A Popo, tellement de mignonnerie en une seule personne !

A Martin, best inter-chu ever, à ta discrétion sonore, ton teint hâlé, et ta blouse ouverte sur un torse toujours épilé nickel !

A ceux que j'ai croisés plus brièvement : Vianney, Pierre, Axelle, Remy, Alix, Gaëtan, Nicolas, Clément, Romain, Delphine, Grace... profitez bien de votre internat !

A mes co-internes en Maxillo parce qu'on aura quand même bien ri : Joey, Luis et Bolzi-Bolzer !

Et enfin à tous ceux parmi vous que j'ai harcelés pour votre participation sur le simulateur pour cette thèse ☺ Merciiiiiii d'avoir joué le jeu... et de ne pas avoir porté plainte contre moi !

**Aux équipes d'ophtalmologie,**

*A Saint-Dié,*

A Laurence et Coco pour votre accueil chaleureux ; travailler à vos côtés était un réel plaisir !

*A Metz,*

A Jasmine alias Rita pour ton humour déjanté.

A Marie pour tous ces fous rires, et pour le plaisir de t'avoir récemment retrouvée dans une ambiance plus sereine !

A Suzie, Mumu, Patricia, et Cathy.

*A Santifontaine,*

A Sylvie, Zohra, Sophie, Amélie, Angeline : vous m'avez beaucoup appris !

*Aux orthoptistes du CHU,*

pour votre indispensable collaboration et toutes les choses que vous m'avez enseignées / les cas tordus où vous m'avez sauvée : Elisabeth, Christelle, Mildrey, Monia, Agnes, Aurélia, Hortense.

*Aux élèves orthoptistes* qui font tourner le service au quotidien : Merci !

*A l'équipe de choc du bloc d'ophtalmo,*

Vous y êtes pour beaucoup si le mardi est mon jour préféré de la semaine !

A Elisabeth, notre maman du bloc, la dealeuse d'œufs, toujours un mot encourageant, ou une tisane « taille de Geisha » pour compenser tes bonnes idées recettes ! A Jocelyne qui manque à tout le monde, Catherine et son franc-parler, Maryse que j'adore voir se déhancher sur ma playlist en salle « Oui, oui, oui », Yves pour ton énergie débordante, et Stéphane.

A Isabelle, Myriam, Angélique, Alexandra, Fabienne, et Jean-François.

*Aux infirmières de consultation,*

pour votre précieux travail et votre patience avec les patients,

A Jen, le pilier du service, la journée ne peut bien commencer qu'après t'avoir vue, comment vais-je me passer de toi ? A Julie, tu mérites tellement tous ces beaux projets qui se concrétisent enfin ;) . A Anne-Marie, Nadia, Amandine, Isabelle, Manue, Sylvie, Amandine et Laure, merci !

*A toutes les secrétaires,*

pour votre gestion admirable de ce flux de patients !

Isabelle, Christine, Cindy & Cindy, Céline, Sophie, Marie-Christine et toutes les autres.

*Aux ASH du service,*

pour votre aide et votre travail qui facilitent notre quotidien,

Sandrine, Christine, et toutes les autres.

*Au Docteur Abry et à toute l'équipe d'ophtalmologie d'Epinal*

pour m'accueillir dans votre service pour la suite, j'ai hâte !

## **A mes amis,**

### *Les plus anciens,*

A Chloé, parce que je n'en ai jamais eu « ras la cacahuète » de toi et que je te DM forever.

A Marine, mon Langguth, pour tous ces bons souvenirs à Illange, à ta passion pour les maths le mercredi avant la piscine et tes boulettes apéros qui sentent les pieds !

A Ludo, en permanente représentation théâtrale, hyperactif mais tellement attachant ; et à Clémence, il n'aurait pas pu trouver mieux, tu mérites une médaille ;)

A Anaëlle, j'ai toujours tellement de plaisir à te tater les scap'

### *A la bande Cerise/Alsace/SKI...désolée pour cette année ☺*

A Hélène, Ma Schwalli d'amour, y'a R à dire, t'es la B dans mon cœur, je peux te déclarer ma flamme maintenant que t'es devenue une loveuse <3

A Lauriane, à ton humour cynique que j'adore et qui cache un grand cœur.

A Thomas, c'est là qu'on reconnaît les vrais amis : je viendrai te rendre visite avec des tup' de moules au roquefort en prison !

A Cuntzi, Did's le bourdon, reine de la Kiz' en legging rôti de porc : notre amour pour toi est proportionnel à tout ce qu'on te charrie ;) Vivement que Simon vienne au ski que tu fendes un peu moins la bise en tortillant du boul !

A Cécile, la plus douce (sauf quand tu perds au Papayo), les week-ends alsaciens sont tjr un gros kiff, comme à la maison ☺

A Alex, zzzzzzzt, le roi des œufs brouillés et surtout du farniente, BG à base d'abdos en béton et d'Amélie Poulain au piano, j'aime tellement discuter avec toi, de nombrils et surtout de ta sœur ;)

A Lucile et Marceau, et à ceux qui vont suivre (respire Mattie, ça va bien se passer) j'ai hâte de vous voir en mode bibendum sur mini-skis glisser au club caribou !

*Aux copines de la fac,*

Pour cette période pleine de bons souvenirs où il y avait 6 brosses à dents dans ma SdD ;)

A Amande, Mamande, Milfande, toujours sur tous les fronts, pour ta simplicité et ta joie de vivre permanente ! Les petits goûters feront bientôt leur retour !

A Benitos, à ton humour déjanté et ton côté sans-filtres très utile pour avoir plus de sauce sushis^^

A Ion, tu ne trompes personne avec ton côté Marie-Chantal et son coquelet farci, les vraies savent ;)

A Gogsi, le petit écureuil en pleine métamorphose, j'adore suivre tes nouvelles aventures !

A Momo, ma grosse Senettos, à ton RCAC éternel et ta passion pour Beyoncé, « tu veux un bout de gât's ? »

A Sophie, la rencontre qui a permis d'égayer une année difficile et de laisser place à une belle amitié !

A princesse Margaux, je ne me lasse pas de ton romantisme légendaire, ton énorme capacité respiratoire en running, et tes talents pour le ski-nautique ;)

A Jeannou et Mathilde, mes miss D4 !

A Gaël, je garderai un souvenir impérissable de toutes ces soirées cas cliniques/pâtes au saumon/série d'abdos qui m'ont valu une réputation d'infidèle ^^

Aux copains de Bribri qui sont devenus mes copains aussi : A Chloé et Paul, on arrive pour nos futures soirées vosgiennes !!, Guillaume, Shanti, Samantha, Brice, Nico, Alex et Anaïs, Narcisse et Pauline

## **A ma famille,**

A mon Brib's, merci pour ton amour au quotidien, ton soutien (Come on Rogeeeeeer !), et ta patience ☺

Tu excelles dans tellement de domaines variés...carreleur, architecte d'intérieur, jardinier, informaticien, comptable.... et celui qu'on préfère, inspecteur des travaux finis !

J'ai maintenant hâte de te voir t'épanouir dans ton futur rôle de papa ;)

Merci pour tous ces beaux projets, je vis à tes côtés la vie dont je rêvais <3

A mes Parents, merci de votre amour et de m'avoir apporté tout le soutien qui m'a permis d'arriver ici aujourd'hui ! A ma Mutti, après les dictées, les passeports vacances, les récitations somnolentes des leçons de SVT, le stress de la P1... cette fois-ci c'est vraiment la dernière ligne droite ;) Merci d'avoir été mon premier coach, de m'avoir nourrie de tes bons petits tup', et de toujours te soucier de mon bien-être. A mon Papa, pour avoir été celui qui me disait de temps en temps de lever le nez des cours et de venir prendre l'air. Merci de m'avoir appris à bricoler, à coudre, et même à conduire un Bob'4... ! Tu m'as transmis tes talents manuels qui ont sûrement incité au choix de ma spécialité ;)

Nos petits week-ends à Macao sont toujours un plaisir ☺

A ma sœur Coline, je t'ai suivie dans la voie de la médecine, sûrement dû aux nombreuses heures passées ensemble à baver devant Dr Kovac et Dr Carter...même si déjà petites nous prodiguions des soins à base d'herbes à verrue et de potion magique du jardin !

A Julien, et tes grands talents d'imitateur.

A Eva, un sacré petit personnage, tellement mignonne, drôle et attachante que tu m'as vite motivée à penser à te donner des cousins !

A mes grands-parents, merci pour ces bons souvenirs quand vous nous gardiez petites (et même quand j'avais la gastro), à Mémé pour tes clafoutis et tes « gut Schmier », à Pépé pour toutes tes histoires de guerre dans lesquelles il y avait toujours un rat quelque-part !

Je vous aime même si vous avez essayé à maintes reprises de profiter de ma naïveté pour tricher au scrabble

A Gaby, ma mamie de cœur, je me souviendrai de ta classe, de ton dynamisme, de ta conduite et de ta version très personnelle de la clim et du chauffage ! Merci pour ces beaux étés dans ton jardin, les gaufres aux mûres, les beignets de feuille de sauge, et les feux d'artifice/petites saucisses avec toi...mon goût pour la gastronomie doit venir un peu de toi.

*A la Lefaure-Family*

A Catherine et Gérard, merci de m'avoir accueillie si chaleureusement dans votre famille. Dans le désert du Namib, aux vacances au ski, ou en confinement en Vosgie, que de bons moments passés auprès de vous ! Je suis très heureuse de me rapprocher de vous pour devenir bientôt une vosgienne d'adoption ;)

A Agathe, vivement nos après-midis café-C-piscine à Laufromont entre voisines ! Je compte sur toi pour militer pour nos poules ;)

A Margaux, notre reine de la marouflette à la manucure toujours impeccable : voilà un peu de champagne pour te mettre en jambe pour ce week-end de folie... même si tu n'as plus besoin d'entraînement sur la coupette ;)

A Chloé, même si j'adorerais t'avoir comme guide pour visiter Londres, je te préférerais près de nous dans les Vosges : un petit effort on est déjà à 3/4, on compte sur toi !

A Thomas et Charles : on va pouvoir créer une ligue de résistance mosellane au sein des Vosges !

A Quentin et Paul, les petits chatons, vous me faites toujours bien rire même s'il me faut beaucoup d'autodérision tant vous adorez me tacler !

A Mamie Jo, pour toutes ces belles vacances ensoleillées passées chez vous : promis l'an prochain je me rattraperai sur le rosé !

A Philippe et Nathalie, parce que c'est toujours un plaisir de passer un moment avec vous.

A Martin et Alice, et aux suivants qui arrivent pour agrandir la bande... et qui vont obliger Mamie à conduire un mini-bus !

## 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 ».

## **TABLE DES MATIERES**

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>28</b>
I. Historique de la formation chirurgicale .....	28
II. Description du simulateur EyeSi® .....	30
III. Présentation de l'étude.....	32
<b>ARTICLE SOUMIS À ACTA OPHTHALMOLOGICA.....</b>	<b>33</b>
Abstract.....	34
Introduction .....	35
Materials and methods.....	37
Results .....	41
Discussion.....	44
References .....	47
Figures and Tables.....	50
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>56</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>59</b>

# INTRODUCTION GENERALE

## I. Historique de la formation chirurgicale

La chirurgie peut se définir par la pratique du soin par l'usage des mains. L'habileté technique d'un médecin apparaît indispensable dans cette discipline plus que dans n'importe quel autre domaine médical, et son apprentissage est un exercice long et délicat. Différentes stratégies ont été mises en place au fil du temps pour permettre aux étudiants de s'entraîner sans risque pour le patient.

La méthode d'enseignement la plus ancienne reposait sur la dissection sur cadavres (1). Cette pratique est à l'heure actuelle considérablement réduite en France, en raison d'une législation qui rend éligibles à la dissection seules les personnes ayant fait don de leurs corps à la science.

L'utilisation de tissus d'origine animale dans les « wet-lab », que ce soit *in vivo* (animal vivant anesthésié) ou *ex vivo* (tissus isolés d'origine animale), a également prouvé son intérêt dans la formation des internes (2).

Les « dry lab » ou laboratoires secs utilisent quant à eux du matériel de synthèse pour reproduire différents tissus du corps humain.

Ces pratiques sont limitées car elles utilisent des tissus en quantité restreinte ou s'abîmant rapidement : elles ne permettent de répéter les exercices qu'un nombre de fois limité.

Malgré ces alternatives, actuellement, en France, le modèle de formation classique repose encore principalement sur le compagnonnage, la transmission des compétences étant assurée au sein d'un binôme interne-chirurgien selon la séquence « see one, do one, teach one » des anglo-saxons (3) : l'apprenant se voit progressivement confier des responsabilités, jusqu'à réaliser l'acte, avec puis sans aide, avant de jouer à son tour un rôle de formateur pour les générations futures.

Néanmoins, de nombreuses limites, en particulier éthiques (4) et financières (5), viennent remettre en cause ces pratiques.

Ainsi est apparu il y a quelques décennies, avec le développement des nouvelles technologies, le principe de simulation en chirurgie, où l'apprentissage des gestes de bases pourrait être

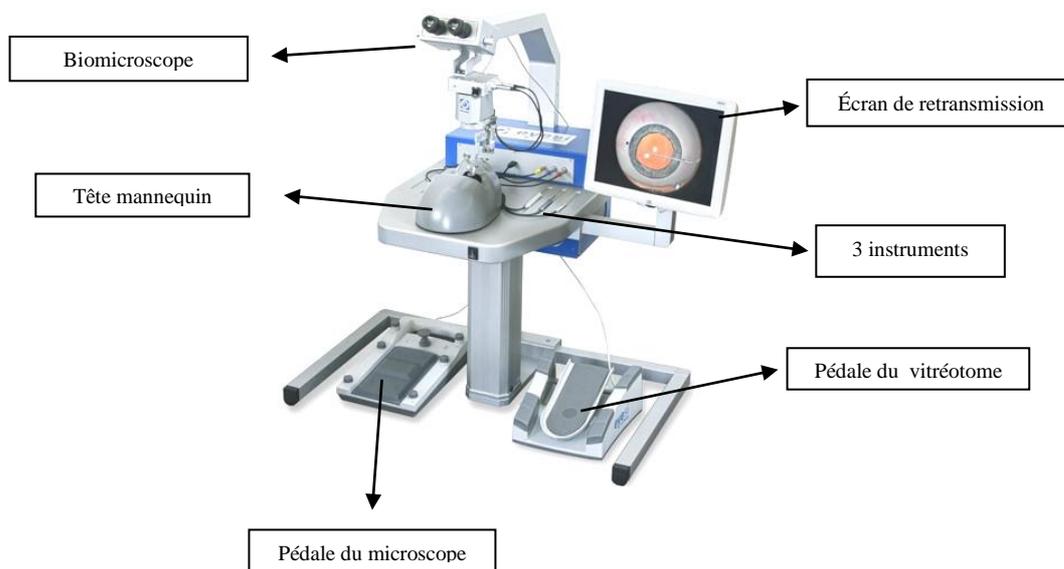
réalisé et évalué par simulation, en amont du bloc opératoire, selon diverses modalités visant à reproduire le plus fidèlement possible la réalité (6).

Plusieurs études ont montré que l'utilisation de ces simulateurs améliorait les performances et diminuait le taux de complications per opératoires (7,8) . En ophtalmologie, deux simulateurs ont été développés : Phacovision (Melerit, Medical, Linkoping, Sweden) et EyeSi (VR Magic, Mannheim, Germany). Ce dernier est actuellement le plus utilisé en simulation pour la chirurgie de cataracte ainsi que pour la chirurgie vitréo-rétinienne (9,10). Il permet, contrairement aux « wet-lab » et « dry-lab », de réaliser une évaluation objective de l'acquisition des compétences (11).

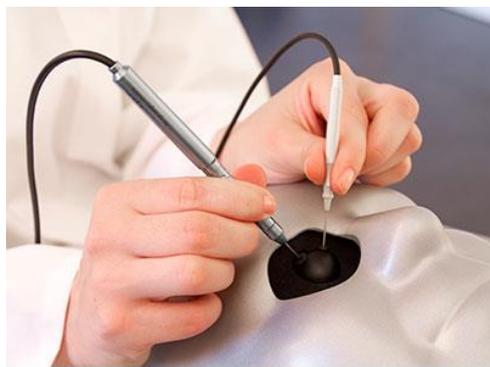
Il s'agit du simulateur dont nous disposons dans le service d'ophtalmologie du CHRU de Nancy, en lien avec l'école de chirurgie de Nancy, et sur lequel nous avons réalisé cette étude.

## II. Description du simulateur EyeSi®

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) ainsi que deux pédales dirigeant le microscope et le phacotome ou le vitréotome (selon le module utilisé : cataracte ou chirurgie vitréo-rétinienne). 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 (ou d'incisions cornéennes sur le module de cataracte). Trois instruments sont disponibles pour la chirurgie vitréo-rétinienne 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, certains très théoriques pour s'initier aux gestes fins nécessaires en ophtalmologie, et d'autres plus détaillés qui reproduisent de vraies étapes voire une chirurgie endoculaire dans son intégralité. Pour chacun d'entre eux existent des niveaux de difficultés croissants. Des consignes écrites ainsi qu'une vidéo de démonstration permettent à l'opérateur de bien appréhender l'objectif de chaque exercice.

Un système de notation est établi selon cinq critères : accomplissement de la tâche, efficacité (basée surtout sur le temps mis à accomplir l'exercice), manipulation des instruments, manipulation du microscope, et enfin, traitement des tissus (critère le plus discriminant dans la notation). 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. Présentation de l'étude

La simulation chirurgicale ne peut se faire sans évaluation des compétences (12). Cette dernière permet de s'assurer de la qualité de l'enseignement, et que cet enseignement se traduit bien par un apprentissage (13). Gaba et al. (6) estime qu'après un succès lors d'une séance de simulation, 90 % des apprenants réussiront dans la vie réelle.

L'entraînement en chirurgie vitréo-rétinienne sur simulateur EyeSi® a fait l'objet de plusieurs études, ayant notamment démontré sa validité à être utilisé comme outil d'évaluation (10,14–17). Récemment, Vergmann et al. (17) a mis au point un programme d'entraînement qui a démontré une validité de construction pour 4 sur 6 modules testés, de même que Cissé et al. a également démontré la validité de quatre modules (15).

Plusieurs auteurs ont démontré que l'entraînement sur simulateur était plus bénéfique s'il était inclus dans un programme d'enseignement systématisé (16,18), et plus particulièrement lorsqu'étaient prédéfinis des objectifs de niveau de compétence à atteindre à l'issue de l'entraînement (19–21). Ce type de programme de formation chirurgicale a déjà prouvé sa capacité à améliorer et à maintenir sur le long terme les performances acquises par les internes (22–25).

La difficulté dans l'élaboration d'un test d'évaluation basé sur les compétences réside dans la détermination de l'objectif (du score) à atteindre avant de pouvoir affirmer que l'interne est suffisamment entraîné sur simulateur pour poursuivre sa formation chirurgicale sur de vrais patients.

Ainsi, l'objectif principal de notre étude était d'élaborer un test d'évaluation des compétences en chirurgie vitréorétinienne sur simulateur EyeSi®. Ce test se destinera aux internes en ophtalmologie de Nancy en milieu de cursus, ayant déjà une expérience en chirurgie de cataracte, et qui débutent leur formation en chirurgie vitréo-rétinienne. Il permettra d'exiger de leurs parts un niveau minimum de compétences requis sur simulateur, avant de pouvoir accéder à de réelles chirurgies, et ce toujours dans l'objectif éthique de limiter les risques pour les patients.

Nous avons secondairement évalué, au travers de courbes d'apprentissage, en quoi ce test pouvait être utilisé à l'avenir pour l'élaboration d'un programme d'entraînement sur simulateur.

## ARTICLE SOUMIS À ACTA OPHTHALMOLOGICA

EyeSi Surgical Simulator: validation of a proficiency-based test for assessment of vitreoretinal surgical skills

Charlotte JAUD<sup>1</sup>, Julia SALLERON<sup>2</sup>, Cécile CISSE<sup>1</sup>, Karine ANGIOI<sup>1</sup>, Jean-Paul BERROD<sup>1</sup>, Jean-Baptiste CONART<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Ophthalmology, Nancy University Hospital, Vandœuvre-lès-Nancy, France

<sup>2</sup> Department of Biostatistics and Data Management, Institut de Cancérologie de Lorraine, Université de Lorraine, F-54519, Vandœuvre-lès-Nancy, France

## **Abstract**

Purpose: To develop and investigate an evidence-based performance test for assessment of vitreoretinal surgical skills on the EyeSi Surgical Simulator.

Methods: Ten junior residents without any surgical experience, eight senior residents with prior experience in cataract surgery and five vitreoretinal surgeons were included in the study. The test consisted of seven modules and was completed twice by all groups during a single session. Validity evidence was evaluated using Messick's validity framework. Senior residents completed 4 additional test sessions and was retested 3 months after to assess skill acquisition and retention.

Results: *Content* was aligned with vitreoretinal surgical skills as evaluated by expert surgeons. *Response process* was ensured through standardized instruction and data collection. The test showed satisfactory internal consistency with Cronbach's  $\alpha = 0.76$  (*internal structure*) and significant discriminative ability between the residents and the experienced surgeons (*relation to other variables*). A pass/fail level was determined at 596 using the contrasting groups' method. *Consequences* of applying this standard resulted in no false positive and no false negative.

Senior residents significantly improved their surgical skills over time, reaching a plateau at the fifth iteration and equaling expert performance ( $p=0.420$ ). This level of competency was retained during the post-3-months retention testing ( $p=0.062$ ).

Conclusion: We established a performance test with solid evidence for assessment of vitreoretinal surgical skills on the EyeSi Simulator and determined a benchmark to ensure proficiency. Our findings suggest that this test may also serve as a basis for a future proficiency-based training program.

Key words: EyeSi, Surgical simulator, Vitreoretinal surgery, Proficiency-based test, Virtual-reality training, Validity evidence.

## Introduction

Vitreoretinal surgery is a complex and meticulous discipline that 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 patient risk or discomfort. Several studies have shown that both methods accelerated the learning curve, improved technical skill acquisition and decreased morbidity (Feudner et al. 2009, McCannel et al. 2013, Pokroy et al. 2013, Roohipour et al. 2017, Solverson et al. 2009, Thomsen et al. 2015).

The EyeSi Surgical Simulator (VRmagic, Mannheim, Germany) is the most commonly used simulator for training in both cataract and vitreoretinal surgery (Rasmussen et al. 2019, Sikder et al. 2014). 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, allowing continuous performance feedback (Khalifa et al. 2006).

Many authors have demonstrated that simulator training is most effective if included in a systematic curriculum (Belyea et al. 2011, Solverson et al. 2009) and, more importantly, if proficiency-based (i.e., training to a predetermined competency level) (Gallagher et al. 2005, Gershuni et al. 2013, Seymour et al. 2002, Thomsen et al. 2017). A proficiency-based training curriculum has indeed been shown to optimize the apprenticeship process and to enhance performance and skill retention compared with traditional time-based or repetition-based learning approaches (Ahlberg et al. 2007, Gershuni et al. 2013, Goova et al. 2008, Stefanidis et al. 2008). Nevertheless, the main challenge is to determine when proficiency has been reached and this decision has to be based on a valid and reliable test ensuring that trainees have received sufficient training to move on to *in vivo* surgery.

Recently, Thomsen et al. designed an evidence-based test for assessment of cataract surgical skills on the EyeSi Surgical Simulator and found a high correlation between test performance and real-life performance (Jacobsen et al. 2019, Thomsen et al. 2015, Thomsen et al. 2017). Furthermore, they demonstrated that proficiency-based training resulted in improved technical skills in the operating room, confirming the benefits of using such an approach in surgical education.

However, vitreoretinal surgery training has been less extensively studied on the EyeSi Surgical Simulator. Several reports have investigated its validity as an assessment tool (Cissé et al. 2019, Deuchler et al. 2016, Rasmussen et al. 2019, Rossi et al. 2004, Solverson et al. 2009, Vergmann et al. 2017), but only one established a performance test that gathered preliminary evidence of validity from several sources in the current evidence-oriented framework (Thomsen et al. 2017). In addition, little is known regarding the learning curves associated with training on the simulator's vitreoretinal modules.

The aim of this study was to design a proficiency-based test for assessment of vitreoretinal surgical skills on the EyeSi Surgical Simulator using the contemporary validity framework. In addition, we wanted to investigate whether this test might also serve as a basis for a future proficiency-based training program.

## **Materials and methods**

### **Subjects and design**

The trial was designed as a prospective controlled interventional study. It was conducted from June 2019 to May 2020 at the Department of Ophthalmology, Nancy University Hospital, France. 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.

Three groups of participants were defined based on surgical experience: junior residents (group 1), senior residents (group 2) and experienced vitreoretinal surgeons (group 3). The inclusion criteria were as follows: residents without any intraocular surgery experience (group 1), residents with prior experience in cataract surgery but not in vitreoretinal surgery (group 2) and active surgeons performing more than 100 vitreoretinal procedures per year (group 3). All participants were recruited from Nancy University Hospital and signed informed consent prior to the trial.

The following data was collected for each participant: sex, age, dominant hand, stereoacuity measured with the TNO charts plate V-VII, experience in cataract and vitreoretinal surgeries (number of procedures) and previous experience with the EyeSi Simulator (number of hours spent for cataract and/or vitreoretinal training).

### **The EyeSi Surgical Simulator**

The vitreoretinal interface on the EyeSi simulator (VRmagic, software version 2.4, Mannheim, Germany) 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 foot-pedal control just like 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. A maximum total of 100 points can be achieved in each task and points are

deducted for each error that occurs. Tissue injuries are the most severely sanctioned mistakes.

### **Validity evidence of the test**

Validity evidence of the test was evaluated using Messick's framework: *content* (degree to which the test measures what it is intended to measure), *response process* (evidence of data integrity such that all sources of error associated with the test are controlled or eliminated), *internal structure* (reliability of the test), *relation to other variables* (correlation with external, independent measures), and *consequences* (impact of the test) (Cook et al. 2013, Cook et al. 2014, Thomsen et al. 2015).

#### *Content*

The performance test was designed on the basis of two previous validation studies on the EyeSi Simulator (Cissé et al. 2019, Vergmann et al. 2017). In agreement with two experienced surgeons, we selected all modules reflecting learning objectives in a vitreoretinal surgery curriculum. The difficulty level for each module was determined based on its similarity to real-life challenges.

All included modules, except one (laser coagulation module), had previously demonstrated their ability to distinguish between different levels of expertise. Overall, the test consisted of 3 abstract modules and 4 more procedural modules: Navigation Training level 2 (Nav2), Forceps Training level 1 (For1), Bimanual Training level 4 (Bim4), Laser Coagulation level 1 (LasC1), Posterior Hyaloid level 3 (PH3), Epiretinal Membrane Peeling level 2 (ERM2) and Internal Limiting Membrane Peeling level 3 (ILM3). A total maximum score of 700 points (100 points per module) could be achieved for the entire test.

#### *Response process*

All participants were orally instructed in a standardized manner based on a written document and were supervised by the same investigator. The performance test was completed twice during a single 90-minute session, preceded by 15 minutes of familiarization with the simulator. The results from each session were recorded by the same investigator (CJ).

#### *Internal structure*

The internal structure of the test was evaluated by determining its internal consistency with Cronbach's alpha computed from all session 2 sub-scores.

### *Relation to other variables*

Relation to other variables was investigated by comparing the residents' performance scores with those of experts.

### *Consequences*

We determined a pass/fail score using the contrasting groups' method (Jorgensen et al. 2018). The consequences of the test was then explored by calculating the percentage of false positives and false negatives with the identified pass/fail standard.

### **Learning curve**

Group 2 participants completed 4 additional supervised test sessions (sessions 3 to 6) spaced one to two weeks apart and were retested 3 months post-session 6 to assess skill acquisition and retention. The interval for retesting was determined on the basis of two previous skill-retention studies (Stefanidis et al. 2008, Suh et al. 2012).

### **Statistical analysis**

All statistical analyses were performed using SAS software, v9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC 25513). The qualitative parameters were described as frequency and percentage, and the quantitative parameters as median and interquartile range. The normality of the distribution was investigated with the Shapiro Wilk test.

Comparisons between the three groups were performed using the Kruskal Wallis test for quantitative parameters and the Fisher Exact test for qualitative parameters. Comparison of the scores from sessions 1 and 2 was performed using the paired samples Wilcoxon Test and the differences between the two sessions were computed.

Internal consistency across modules was determined by calculating Cronbach's alpha. Inter-expert reproducibility was assessed by calculating the intraclass correlation coefficient (ICC) using sub-scores from session 2. A value from 0.6 to 0.8 reflected substantial agreement and a value above 0.8 almost perfect agreement.

The Kruskal Wallis test was carried out to compare scores between the three groups. Post-hoc analyses were performed using the Mann Whitney U test with Bonferroni correction.

The pass/fail score was determined at the intersection between the test score distributions from the junior residents and vitreoretinal surgeons.

A linear mixed-effect model on rank-transformed data with session as a fixed effect and senior resident as a random effect was used for analyzing senior residents' learning curve (Conover & Iman 1981). Post-hoc analyses were conducted to identify when plateau of learning had occurred.

P-values <0.05 were considered statistically significant.

## **Results**

Twenty-three participants were included in this study: 10 residents with clinical experience in ophthalmology ranging from 3 to 12 months (junior residents, group 1), 8 residents in their final year of residency (senior residents, group 2) and 5 surgeons with vitreoretinal experience of between 2 and 35 years (group 3).

### **Group characteristics**

*The participants' characteristics are given in Table 1.*

Participants in group 1 were significantly younger than those in groups 2 and 3 ( $p < 0.001$ ). There was no significant difference between the 3 groups in terms of sex ( $p = 0.748$ ) and stereoacuity ( $p = 0.371$ ). None of the residents in group 1 had any intraocular surgery experience, while residents in group 2 had already performed a median of 15 cataract surgeries (interquartile range [10;20]) and vitreoretinal surgeons a median of 1500 cataract [400;2000] and 500 vitreoretinal [200;1000] procedures ( $p < 0.001$  and  $p < 0.001$ , respectively).

All residents had prior experience with cataract simulation ( $< 2$  hours of training) but none with vitreoretinal simulation. Three of the vitreoretinal surgeons had prior experience with both cataract and vitreoretinal simulation during a study carried out more than 2 years ago (two single 60-minute sessions per participant).

### **Performance test**

*Intragroup comparison*

The performance results for each module from the first and second sessions, according to surgical experience, are summarized in Table 2.

All experienced surgeons and most residents achieved similar or higher module scores in session 2. We noted a significant improvement from session 1 to session 2 in Nav2 and PH3 module scores for group 1 ( $p = 0.022$  and  $p = 0.039$ , respectively) and in LasC1 module score for group 2 ( $p = 0.008$ ). However, when considering the overall test score, there was no statistical difference between the two sessions for all groups, including the experienced surgeons.

## **Validity evidence of the test**

### *Content*

All modules included in the test were selected in agreement with two expert surgeons based on their similarity to real-life challenges.

### *Response process*

We only considered the results from the second iteration for analysis. Moreover, all sessions were preceded by 15 minutes of familiarization and supervised by the same investigator-

### *Internal structure*

Intermodule analysis showed satisfactory internal consistency across the 7 modules included in the test with Cronbach's  $\alpha = 0.76$ . Inter-expert reproducibility for session 2 was almost perfect with ICC 0.81.

### *Relation to other variables*

The performance results for each module from session 2 according to surgical experience are shown in Table 3. Group 3 obtained significantly higher overall test scores than group 1 ( $p=0.003$ ) and group 2 ( $p=0.014$ ) (640 [632;656], 445 [336;522] and 510 [403;541], respectively). The lowest score achieved by experts (615) was higher than the highest resident score (571). All modules except one (LasC1) were able to discriminate experienced surgeons from junior and senior residents. There was no statistical difference in both overall test and module scores (with the exception of LasC1 module) between groups 1 and 2.

### *Consequences*

A pass/fail score of 596 was determined using the contrasting groups' method (Figure 1). Consequences of applying this standard were that no residents passed (false positive = 0%) and no vitreoretinal surgeons failed (false negative = 0%).

## **Learning curve**

The senior residents' performance in all test sessions is presented in the Supplementary table 1.

Senior residents demonstrated significant improvement in test performance over time ( $p < 0.001$ ), reaching a plateau at the fifth iteration (Figure 2). At that point, overall test scores were significantly higher than those obtained by junior residents (633 [623;644] versus 445 [336;522],  $p < 0.001$ ) but comparable to those achieved by experienced surgeons (640 [632;656],  $p = 0.420$ ). The 3-month retention testing revealed a non-significant decrease in senior residents' scores (619 [613-629] versus 633 [623-644],  $p = 0.062$ ). There was also no difference compared with experts' scores at baseline (640 [632;656],  $p = 0.164$ ). None of the senior residents would have initially passed the test with a proficiency level set at 596 points. In contrast, 87.5% of them (7/8) would have succeeded in sessions 5, 6 and 7.

## Discussion

In this study, we established a proficiency-based test with solid evidence for assessment of vitreoretinal surgical skills on the EyeSi Surgical Simulator, aimed at ensuring that residents are sufficiently qualified to initiate real-life surgery. In addition, we provided preliminary evidence for its use as a training tool, filling the need for a proficiency-based training program in vitreoretinal surgery.

Contrary to previous trials, validity evidence for the simulator metrics was collected through the application of a test and established using all aspects of Messick's validity framework (Cook et al. 2013, Cook et al. 2014, Thomsen et al. 2015).

*Content* was aligned with vitreoretinal surgical skills as evaluated by expert surgeons. Thus, because our intention was to develop a test reflecting all learning objectives in a vitreoretinal surgery curriculum, we included the laser coagulation module which, although it failed to show discriminative ability in a previous study, represents a crucial step in real-life surgery (Vergmann et al. 2017).

*Response process* was fulfilled through standardized instruction and data collection. We assume these measures help reduce errors related to a misunderstanding of the tasks or misuse of the simulator (administration bias). *Internal structure* demonstrated good reliability between the 7 modules included in the test with Cronbach's  $\alpha$  approaching a level considered eligible for certification (0.8) (Downing 2004). To ensure an appropriate reliability for the purpose of the assessment, we therefore recommend that residents pass the test twice before certification, as suggested by Thomsen et al. for cataract surgery (Thomsen et al. 2015).

*Relation to other variables* showed that vitreoretinal surgeons performed better than junior and senior residents regarding overall test score and for 6 out of the 7 modules. The Nav2, For1, Bim4, PH3, ERM2 and ILM3 modules were all found to distinguish between different levels of expertise, confirming the results of two previous validation studies (Cissé et al. 2019, Vergmann et al. 2017). Although the LasC1 module could not discriminate between experienced surgeons and senior residents, it showed statistical difference when considering the two extreme groups. This can be explained by the scoring system, which was mainly based on target achievement and tissue treatment. Instrument handling was not considered in this module and therefore the lack of precision was not sanctioned, making improvement easy, as evidenced by the high score obtained during the second iteration in group 2. Interestingly, we did not observe any significant difference in test scores between the two

groups of residents, indicating that previous cataract surgery experience did not result in improved vitreoretinal procedural performance. These findings are concordant with those of Thomsen et al., which found no transfer effect of surgical skills from cataract to vitreoretinal procedures in a virtual-reality environment (Thomsen et al. 2017). Finally, *consequence* analysis revealed that the established pass/fail standard produced no false positive and no false negative, indicating that the test had an excellent discriminatory ability.

Before it can be implemented in a surgical curriculum, a training program has to demonstrate its efficacy using different levels of evidence and notably those described by Kirkpatrick (4 levels) (Harden et al. 1999, Kirkpatrick & Kirkpatrick 2006). In the present study, we sought to determine whether test repetition results in improved performance on the EyeSi simulator, corresponding to level 2 in the Kirkpatrick model. We noted that senior residents significantly increased their surgical skills with repetitive training, reaching a plateau regarding all module and overall test scores at the fifth iteration (approximately 3.7 hours of training). Interestingly, median test scores were comparable to those achieved by experts at baseline and maintained during the post-3-months retention testing. Post-hoc consequence analysis demonstrated that senior residents who had passed the test in session 5 retained their performance level in both sessions 6 and 7, proving that proficiency had been reached. These findings also suggest that the proficiency level determined in that study (596) may be relevant for certification purposes.

Previous efficacy trials investigating the performance curves on the EyeSi simulator reported variable results depending on study design and means of assessment (Solverson et al. 2009, Thomsen et al. 2017). Solverson et al. found that residents reached a plateau at the third iteration but only considered performances on the Navigation module, making comparison difficult (Solverson et al. 2009). In contrast, Thomsen et al. observed that novices and cataract trainees reached their maximum performance level in a test consisting of 7 vitreoretinal modules after 10.7 and 8.7 hours of training on average, respectively (Thomsen et al. 2017). This discrepancy may be explained by differences in groups of participants. Indeed, contrary to their study, we only included residents with previous cataract surgery experience for investigating the learning curve, and similar results might have been found if junior residents had been taken into account. This may be considered as a limitation but we believe that the test is primarily intended for senior residents, regardless of its purposes (assessment or training).

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 number in our department. The fact that three of them had prior experience with vitreoretinal simulation may also be regarded as an additional limitation. However, the experience was relatively limited (two single 60-minute sessions per participant) and therefore unlikely to have a major impact on our findings. Besides, intra-expert reliability was almost perfect, suggesting that the results emerging from this group were primarily due to extent surgical experience.

In summary, we designed a performance test in vitreoretinal surgery on the EyeSi Simulator and determined a benchmark to ensure proficiency using evidence-based methods. We also demonstrated preliminary evidence for its use as a proficiency-based training program. Further studies are needed to determine whether training to the predefined level of competency leads to improved surgical skills in the operating room.

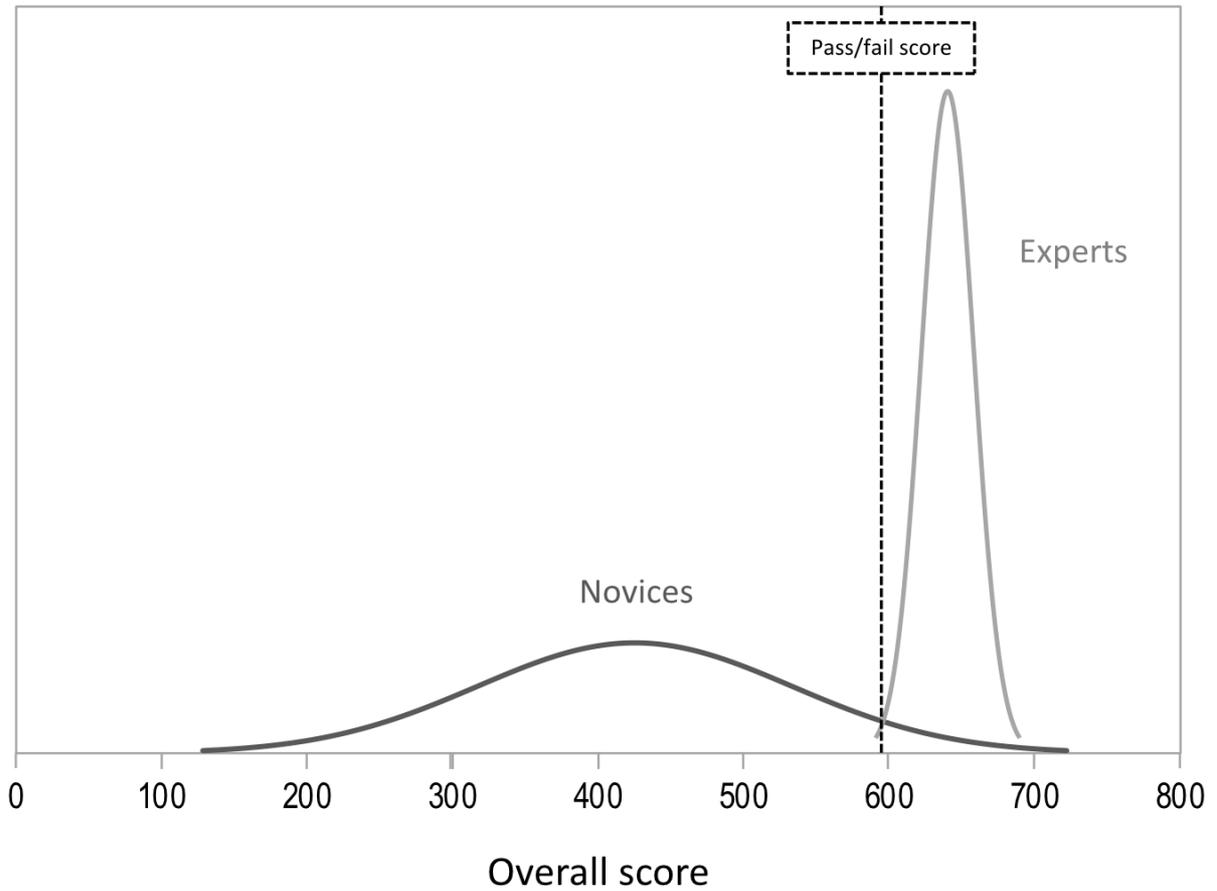
## References

- Ahlberg G, Enochsson L, Gallagher AG, et al. (2007): Proficiency-based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies. *Am J Surg* **193**: 797–804.
- Belyea DA, Brown SE & Rajjoub LZ (2011): Influence of surgery simulator training on ophthalmology resident phacoemulsification performance. *J Cataract Refract Surg* **37**: 1756–1761.
- Cissé C, Angioi K, Luc A, Berrod J-P & Conart J-B (2019): EYESI surgical simulator: validity evidence of the vitreoretinal modules. *Acta Ophthalmol* **97**: e277–e282.
- Conover WJ & Iman RL (1981): Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. *American Statistician* (Vol. 35). 124–129.
- Cook DA, Brydges R, Zendejas B, Hamstra SJ & Hatala R (2013): Technology-enhanced simulation to assess health professionals: a systematic review of validity evidence, research methods, and reporting quality. *Acad Med* **88**: 872–883.
- Cook DA, Zendejas B, Hamstra SJ, Hatala R & Brydges R (2014): What counts as validity evidence? Examples and prevalence in a systematic review of simulation-based assessment. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* **19**: 233–250.
- Deuchler S, Wagner C, Singh P, et al. (2016): Clinical Efficacy of Simulated Vitreoretinal Surgery to Prepare Surgeons for the Upcoming Intervention in the Operating Room. *PLoS ONE* **11**: e0150690.
- Downing SM (2004): Reliability: on the reproducibility of assessment data. *Med Educ* **38**: 1006–1012.
- Feudner EM, Engel C, Neuhann IM, Petermeier K, Bartz-Schmidt K-U & Szurman P (2009): Virtual reality training improves wet-lab performance of capsulorhexis: results of a randomized, controlled study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* **247**: 955–963.
- Gallagher AG, Ritter EM, Champion H, Higgins G, Fried MP, Moses G, Smith CD & Satava RM (2005): Virtual reality simulation for the operating room: proficiency-based training as a paradigm shift in surgical skills training. *Ann Surg* **241**: 364–372.
- Gershuni V, Woodhouse J & Brunt LM (2013): Retention of suturing and knot-tying skills in senior medical students after proficiency-based training: Results of a prospective, randomized trial. *Surgery* **154**: 823–829; discussion 829-830.

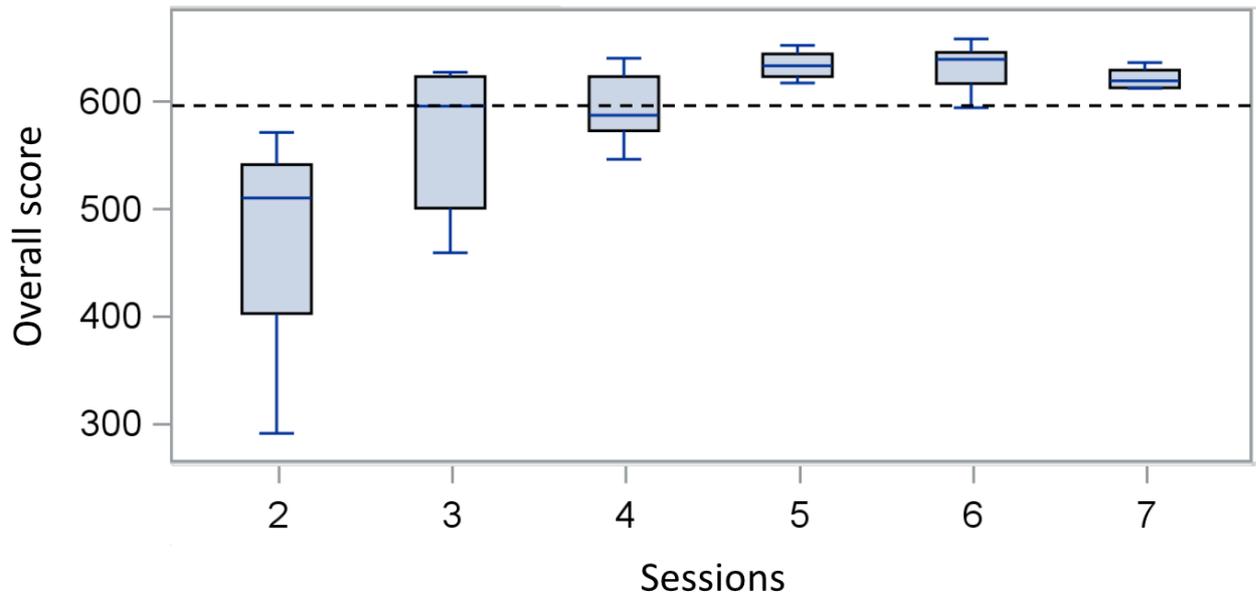
- Goova MT, Hollett LA, Tesfay ST, Gala RB, Puzziferri N, Kehdy FJ & Scott DJ (2008): Implementation, construct validity, and benefit of a proficiency-based knot-tying and suturing curriculum. *J Surg Educ* **65**: 309–315.
- Harden RM, Grant J, Buckley G & Hart IR (1999): BEME Guide No. 1: Best Evidence Medical Education. *Med Teach* **21**: 553–562.
- Jacobsen MF, Konge L, Bach-Holm D, et al. (2019): Correlation of virtual reality performance with real-life cataract surgery performance. *J Cataract Refract Surg* **45**: 1246–1251.
- Jørgensen M, Konge L & Subhi Y (2018): Contrasting groups' standard setting for consequences analysis in validity studies: reporting considerations. *Adv Simul (Lond)* **3**: 5.
- Khalifa YM, Bogorad D, Gibson V, Peifer J & Nussbaum J (2006): Virtual reality in ophthalmology training. *Surv Ophthalmol* **51**: 259–273.
- Kirkpatrick DL, Kirkpatrick JD. (2006): *Evaluating Training Programs (Vols 1-four, Vol. 3rd edition)*. San Francisco, CA: Berrett-Koehler.
- McCannel CA, Reed DC & Goldman DR (2013): Ophthalmic surgery simulator training improves resident performance of capsulorhexis in the operating room. *Ophthalmology* **120**: 2456–2461.
- 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.
- Rasmussen RC, Grauslund J & Vergmann AS (2019): Simulation training in vitreoretinal surgery: a systematic review. *BMC Ophthalmol* **19**: 90.
- Roohipoor R, Yaseri M, Teymourpour A, Kloek C, Miller JB & Loewenstein JI (2017): Early Performance on an Eye Surgery Simulator Predicts Subsequent Resident Surgical Performance. *J Surg Educ* **74**: 1105–1115.
- Rossi JV, Verma D, Fujii GY, Lakhnani RR, Wu SL, Humayun MS & De Juan E (2004): Virtual vitreoretinal surgical simulator as a training tool. *Retina (Philadelphia, Pa)* **24**: 231–236.
- Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK & Satava RM (2002): Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg* **236**: 458–463; discussion 463-464.

- Sikder S, Tuwairqi K, Al-Kahtani E, Myers WG & Banerjee P (2014): Surgical simulators in cataract surgery training. *Br J Ophthalmol* **98**: 154–158.
- Solverson DJ, Mazzoli RA, Raymond WR, Nelson ML, Hansen EA, Torres MF, Bhandari A & Hartranft CD (2009): Virtual reality simulation in acquiring and differentiating basic ophthalmic microsurgical skills. *Simul Healthc* **4**: 98–103.
- Stefanidis D, Acker C & Heniford BT (2008): Proficiency-based laparoscopic simulator training leads to improved operating room skill that is resistant to decay. *Surg Innov* **15**: 69–73.
- Suh IH, Mukherjee M, Shah BC, Oleynikov D & Siu K-C (2012): Retention of fundamental surgical skills learned in robot-assisted surgery. *J Robot Surg* **6**: 301–309.
- Thomsen ASS, Bach-Holm D, Kjærbo H, et al. (2017): Operating Room Performance Improves after Proficiency-Based Virtual Reality Cataract Surgery Training. *Ophthalmology* **124**: 524–531.
- Thomsen ASS, Kiilgaard JF, Kjaerbo H, la Cour M & Konge L (2015): Simulation-based certification for cataract surgery. *Acta Ophthalmol* **93**: 416–421.
- Thomsen ASS, Kiilgaard JF, la Cour M, Brydges R & Konge L (2017): Is there inter-procedural transfer of skills in intraocular surgery? A randomized controlled trial. *Acta Ophthalmol* **95**: 845–851.
- Thomsen ASS, Smith P, Subhi Y, Cour M la, Tang L, Saleh GM & Konge L (2017): High correlation between performance on a virtual-reality simulator and real-life cataract surgery. *Acta Ophthalmol* **95**: 307–311.
- Thomsen ASS, Subhi Y, Kiilgaard JF, la Cour M & Konge L (2015): Update on simulation-based surgical training and assessment in ophthalmology: a systematic review. *Ophthalmology* **122**: 1111-1130.e1.
- Vergmann AS, Vestergaard AH & Grauslund J (2017): Virtual vitreoretinal surgery: validation of a training programme. *Acta Ophthalmol* **95**: 60–65.

## Figures and Tables



**Figure 1:** The contrasting groups' method was used to establish a pass/failed score. The proficiency level was defined by the intersection of the score distributions for novices (dark grey) and experts (light grey)



**Figure 2: Learning curves for senior residents with Boxplot representation**

Boxplot of overall test score from session 2 to 7. The boxes represent interquartile range and whiskers indicate range. The horizontal dotted line denotes the proficiency level.

**Table 1: Participant characteristics**

	Group 1 Junior Residents	Group 2 Senior Residents	Group 3 Experts	p-value
Subjects (n)	10	8	5	-
Age, years (median [IQR])	25 [24;27]	28.5 [27.5;30]	35 [29;36]	<0.001 <sup>1</sup>
Sex, female (%)	6 (60.0%)	5 (62.5%)	2 (40.0%)	0.748 <sup>2</sup>
TNO plate, sec of arc (median [IQR])	60 [60;60]	60 [60;90]	60 [30;60]	0.371 <sup>1</sup>
Dominant hand, right (%)	9 (90%)	8 (100%)	5 (100%)	NC
Cataract surgery (n)	0 [0;0]	15 [10;20]	1500 [400;2000]	<0.001 <sup>1</sup>
Cataract simulator experience (hours)				NC
0, n (%)	0 (0%)	1 (20%)	0 (0%)	
1, n (%)	10 (100%)	2 (40%)	5 (62.5%)	
2, n (%)	0 (0%)	2 (40%)	3 (37.5%)	
Vitreo-Retinal surgery (n)	0 [0;0]	0 [0;0]	500 [200;1000]	<0.001 <sup>1</sup>
Vitreo-retinal simulator experience (hours)				NC
0, n (%)	10 (100%)	8 (100%)	2 (40%)	
1, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (60%)	

<sup>1</sup> Kruskal Wallis test

<sup>2</sup> Fisher Exact test

NC=not computed, IQR=interquartile range, n=participant numbers

**Table 2: Intra-group comparison between sessions 1 and 2**

	Group 1 Junior Residents		Group 2 Senior Residents		Group 3 Experts	
	Difference 2-1	p-value	Difference 2-1	p-value	Difference 2-1	p-value
Overall score	57 [-11;128]	0.084 <sup>1</sup>	5 [-63;194]	0.547 <sup>1</sup>	61 [28;78]	0.063 <sup>1</sup>
Nav2	18 [7;23]	<b>0.022</b> <sup>1</sup>	10 [0;18]	0.055 <sup>1</sup>	7 [4;12]	0.125 <sup>1</sup>
For1	17 [0;74]	0.078 <sup>1</sup>	0 [-85;62]	0.875 <sup>1</sup>	10 [2;11]	0.125 <sup>1</sup>
Bim4	0 [-9;0]	0.625 <sup>1</sup>	1 [0;53]	0.188 <sup>1</sup>	17 [7;17]	0.063 <sup>1</sup>
LasC1	3 [-2;12]	0.164 <sup>1</sup>	2 [2;6]	<b>0.008</b> <sup>1</sup>	4 [2;6]	0.125 <sup>1</sup>
PH3	12 [0;28]	<b>0.039</b> <sup>1</sup>	4 [-12;38]	0.547 <sup>1</sup>	2 [1;9]	0.125 <sup>1</sup>
ERM2	0 [-10;13]	1 <sup>1</sup>	2 [-11;13]	0.609 <sup>1</sup>	2 [0;3]	0.25 <sup>1</sup>
ILM3	8 [-21;11]	0.922 <sup>1</sup>	15 [-11;38]	0.461 <sup>1</sup>	15 [5;16]	0.063 <sup>1</sup>

Data represent the differences between scores (median and interquartile range) from sessions 1 and 2 for each module, according to surgical experience.

<sup>1</sup> Paired Samples Wilcoxon Test

Nav2=Navigation Training level 2, For1=Forceps Training level 1, Bim4=Bimanual Training level 4, LasC1=Laser Coagulation level 1, PH3=Posterior Hyaloïd level 3, ERM2=Epiretinal Membrane Peeling level 2, ILM3= Internal Limiting Membrane Peeling level 3

**Table 3: Inter-group comparison for session 2**

	Group 1 Junior Residents	Group 2 Senior Residents	Group 3 Experts	p-value <sup>1</sup> Gp 1-2-3	p-value <sup>2</sup> Gp 1-2	p-value <sup>2</sup> Gp 2-3	p-value <sup>2</sup> Gp 1-3
Overall score	445 [336;522]	510 [403;541]	640 [632;656]	<b>0.002</b>	0.267	<b>0.014</b>	<b>0.003</b>
Nav2	68 [58;75]	72 [68;83]	94 [81;96]	<b>0.011</b>	0.198	0.028	<b>0.008</b>
For1	86 [65;89]	84 [14;94]	100 [99;100]	<b>0.008</b>	0.212	<b>0.010</b>	<b>0.005</b>
Bim4	0 [0;55]	53 [0;62]	72 [65;72]	<b>0.008</b>	0.283	0.021	<b>0.006</b>
LasC1	93 [86;97]	99 [96;100]	100 [100;100]	<b>0.006</b>	<b>0.017</b>	0.355 <sup>1</sup>	<b>0.010</b>
PH3	61 [0;87]	61 [8;84]	95 [95;96]	<b>0.012</b>	1	0.024	<b>0.010</b>
ERM2	90 [84;98]	92 [79;99]	100 [100;100]	<b>0.025</b>	0.822	0.039	<b>0.011</b>
ILM3	58 [34;64]	76 [55;80]	92 [85;93]	<b>0.008</b>	0.266	0.037	<b>0.015</b>

Data represent scores (median and interquartile range) from session 2 according to surgical experience.

The p-values refer to the statistical difference in overall and module scores between the 3 groups (Gp 1-2-3), group 1 and group 2 (Gp 1-2), group 2 and group 3 (Gp 2-3) and group 1 and group 3 (Gp 1-3). Bold indicates significant p-values

<sup>1</sup> Kruskal Wallis test

<sup>2</sup> Mann Whitney U test, level of significance set at 0.017 with Bonferroni correction

Nav2=Navigation Training level 2, For1=Forceps Training level 1, Bim4=Bimanual Training level 4, LasC1=Laser Coagulation level 1, PH3=Posterior Hyaloid level 3, ERM2=Epiretinal Membrane Peeling level 2, ILM3= Internal Limiting Membrane Peeling level 3

**Supplementary table 1: Scores achieved by participants during all training sessions**

Group	Session	Total Score	Time	Nav2	For1	Bim4	LasC1	PH3	ERM2	ILM3
Junior Residents	1	384[299;420]	91[87;102]	52[42;60]	13[0;75]	3[0;59]	87[81;96]	22[0;40]	90[77;100]	63[29;78]
	2	445[336;522]		68[58;75]	86[65;89]	0[0;55]	93[86;97]	61[0;87]	90[84;98]	58[34;64]
Senior Residents	1	397[308;517]	90[83;97]	66[50;79]	93[22;99]	0[0;34]	94[92;98]	35[6;59]	92[79;97]	57[25;71]
	2	510[403;541]		72[68;83]	84[14;94]	53[0;62]	99[96;100]	61[8;84]	92[79;99]	76[55;80]
	3	596[501;623]	36[31;40]	88[74;93]	97[94;100]	67[56;70]	100[98;100]	81[65;89]	99[95;100]	72[64;77]
	4	587[573;623]	35[33;35]	89[84;94]	99[97;100]	67[64;72]	100[99;100]	76[60;94]	100[100;100]	72[67;79]
	5	633[623;644]	34[30;36]	93[91;98]	100[100;100]	75[73;76]	100[100;100]	92[84;95]	100[99;100]	83[75;88]
	6	639[617;646]	34[32;36]	94[90;97]	100[100;100]	75[72;76]	100[100;100]	91[90;94]	100[100;100]	83[72;88]
	7	619 [613;629]	34 [33;36]	89 [87;92]	100 [99;100]	69 [48;74]	100 [100;100]	92 [87;96]	100 [93;100]	82 [77;90]
Experts	1	595[554;612]	83[82;89]	84[74;94]	89[86;98]	55[55;58]	96[94;98]	94[84;95]	98[97;100]	73[70;78]
	2	640[632;656]		94[81;96]	100[99;100]	72[65;72]	100[100;100]	95[95;96]	100[100;100]	92[85;93]

Data are represented as median and interquartile range

Nav2=Navigation Training level 2, For1=Forceps Training level 1, Bim4=Bimanual Training level 4, LasC1=Laser Coagulation level 1, PH3=Posterior Hyaloid level 3, ERM2=Epiretinal Membrane Peeling level 2, ILM3= Internal Limiting Membrane Peeling level 3, Time: in minutes

## CONCLUSION GENERALE

La simulation médicale prend ces dernières années une place de plus en plus importante dans la formation des futurs médecins. Elle permet en effet aux internes d'acquérir des compétences médicales et chirurgicales dans un environnement sécurisé, sans prise de risque pour le patient.

Elle trouve d'autant plus son intérêt dans des spécialités comme l'ophtalmologie, où la précision et la minutie des gestes chirurgicaux font que la moindre erreur peut être grevée de conséquences désastreuses pour le pronostic visuel du patient.

Elle répond également aux besoins de formation d'un nombre croissant d'internes. Actuellement, ceux-ci doivent en effet de plus en plus se partager les temps d'apprentissage des gestes techniques auprès de leurs maîtres, en particulier au bloc opératoire, ce qui aboutit à des inégalités de formation.

L'accès à un simulateur de chirurgie, permet également à l'apprenant de reproduire à l'infini un exercice défini, contrairement à certaines situations cliniques ou chirurgicales dont la rareté fera que l'interne n'y sera confronté que très ponctuellement au cours de sa formation.

La simulation chirurgicale sera d'autant plus bénéfique pour l'apprenant si elle est intégrée dans le cursus de manière encadrée, avec des objectifs de compétences précis et prédéterminés à atteindre.

Dans notre étude, nous avons donc élaboré un test d'évaluation des performances en chirurgie vitréo-rétinienne sur simulateur Eyesi<sup>®</sup>, dans le but de le soumettre aux internes d'ophtalmologie en formation à Nancy, afin d'évaluer leurs compétences sur simulateur avant qu'ils ne puissent poursuivre leur formation chirurgicale au bloc opératoire sur de vrais patients.

Les modules intégrés dans ce test ont été sélectionnés par deux chirurgiens vitréorétiniens expérimentés.

Les résultats obtenus pour chacun des groupes ont d'abord permis de confirmer la validité, c'est à dire la capacité à discriminer les groupes selon leurs niveaux, pour 6 sur les 7 modules étudiés, ainsi que pour le score total.

Un score seuil minimal à atteindre pour les internes a pu être défini en utilisant les scores de 2 groupes aux niveaux d'expérience très différents : les novices en chirurgie vitréorétiniennne face aux chirurgiens expérimentés (26).

La validité de ce test a été prouvée en se basant sur les critères de validité de Messick qui font référence dans l'univers de la simulation : les 5 critères ont été respectés dans notre étude, ce qui lui confère un niveau de preuve élevé.

Dans un second temps, nous nous sommes intéressés à l'utilité que pourrait avoir ce test pour élaborer à l'avenir un programme d'entraînement en chirurgie vitréorétiniennne pour les internes : en se servant des mêmes modules sélectionnés pour le test, nous avons analysé les courbes d'apprentissage des internes au fil des sessions. Nous avons observé une amélioration significative dans leurs performances au fur et à mesure de l'entraînement, avec un plateau atteint à la cinquième session.

Ces sessions étant rapprochées d'une à deux semaines, nous avons voulu vérifier après un délai de 3 mois sans pratique sur simulateur si le niveau obtenu par les internes se maintenait, afin de s'assurer que le plateau atteint n'était pas lié à un entraînement « à chaud ». Il s'est avéré en effet que le niveau acquis se maintenait bien à distance des sessions itératives d'entraînement, ce qui confirme une réelle amélioration des compétences sur simulateur grâce à la pratique répétée.

Notre étude pourrait donc servir à l'avenir à la création d'un programme d'entraînement sur simulateur : il s'agirait de déterminer plus précisément de quelle manière et à quel rythme l'apprenant doit s'entraîner avant d'être soumis à l'évaluation de ses compétences sur simulateur, qui consisterait à passer le test que nous avons élaboré ici.

De manière générale, les internes en ophtalmologie débutent d'abord sur le plan chirurgical par la chirurgie de la cataracte, avant d'accéder à des chirurgies vitréorétiniennes, plus subtiles et plus minutieuses.

Nous proposons ainsi d'appliquer ce test aux internes en milieu de cursus, ayant déjà une expérience en chirurgie de cataracte et qui s'appêtent à initier leur formation en chirurgie vitréorétiniennne.

Il serait évidemment intéressant d'en faire de même en amont en ce qui concerne la chirurgie de la cataracte, en se servant par exemple du test élaboré par Thomsen et al. en 2015 (27).

Nous avons en effet la chance à Nancy de disposer pour la formation des internes en ophtalmologie d'un simulateur servant de référence dans le domaine. Le coût d'une telle machine est une limite à y accéder pour de nombreux centres de formation.

Ainsi, l'intégrer de cette manière au cursus des internes permettrait de jouir pleinement de tous ses bénéfices.

Cependant, bien que nous ayons démontré l'intérêt d'utiliser ce simulateur de manière standardisée pour l'entraînement et pour l'évaluation des internes en chirurgie vitréorétinienne, de futures études s'intéressant aux transferts des compétences au bloc opératoire sont nécessaires, afin de prouver que cette amélioration des compétences sur simulateur chirurgical se traduit bien par une amélioration des compétences chirurgicales au bloc opératoire.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. Ghosh SK. Human cadaveric dissection: a historical account from ancient Greece to the modern era. *Anat Cell Biol.* sept 2015;48(3):153-69.
2. Drosdeck J, Carraro E, Arnold M, Perry K, Harzman A, Nagel R, et al. Porcine wet lab improves surgical skills in third year medical students. *J Surg Res.* sept 2013;184(1):19-25.
3. Vozenilek J, Huff JS, Reznek M, Gordon JA. See One, Do One, Teach One: Advanced Technology in Medical Education. *Academic Emergency Medicine.* 2004;11(11):1149-54.
4. Porta CR, Sebesta JA, Brown TA, Steele SR, Martin MJ. Training surgeons and the informed consent process: routine disclosure of trainee participation and its effect on patient willingness and consent rates. *Arch Surg.* janv 2012;147(1):57-62.
5. Hosler MR, Scott IU, Kunselman AR, Wolford KR, Oltra EZ, Murray WB. Impact of resident participation in cataract surgery on operative time and cost. *Ophthalmology.* janv 2012;119(1):95-8.
6. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care.* oct 2004;13 Suppl 1:i2-10.
7. 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.* nov 2014;92(7):629-34.
8. 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.* 2016;11(3):e0150690.
9. Sikder S, Tuwairqi K, Al-Kahtani E, Myers WG, Banerjee P. Surgical simulators in cataract surgery training. *Br J Ophthalmol.* févr 2014;98(2):154-8.
10. Rasmussen RC, Grauslund J, Vergmann AS. Simulation training in vitreoretinal surgery: a systematic review. *BMC Ophthalmol.* 11 avr 2019;19(1):90.
11. Khalifa YM, Bogorad D, Gibson V, Peifer J, Nussbaum J. Virtual reality in ophthalmology training. *Surv Ophthalmol.* juin 2006;51(3):259-73.

12. Sanfey H, Dunnington G. Verification of proficiency: a prerequisite for clinical experience. *Surg Clin North Am.* juin 2010;90(3):559-67.
13. 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.* juin 2013;88(6):872-83.
14. Rossi JV, Verma D, Fujii GY, Lakhanpal RR, Wu SL, Humayun MS, et al. Virtual vitreoretinal surgical simulator as a training tool. *Retina (Philadelphia, Pa).* avr 2004;24(2):231-6.
15. Cissé C, Angioi K, Luc A, Berrod J-P, Conart J-B. EYESI surgical simulator: validity evidence of the vitreoretinal modules. *Acta Ophthalmol.* mars 2019;97(2):e277-82.
16. 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.* 2009;4(2):98-103.
17. Vergmann AS, Vestergaard AH, Grauslund J. Virtual vitreoretinal surgery: validation of a training programme. *Acta Ophthalmol.* févr 2017;95(1):60-5.
18. Belyea DA, Brown SE, Rajjoub LZ. Influence of surgery simulator training on ophthalmology resident phacoemulsification performance. *J Cataract Refract Surg.* oct 2011;37(10):1756-61.
19. Gallagher AG, Ritter EM, Champion H, Higgins G, Fried MP, Moses G, et al. Virtual reality simulation for the operating room: proficiency-based training as a paradigm shift in surgical skills training. *Ann Surg.* févr 2005;241(2):364-72.
20. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg.* oct 2002;236(4):458-63; discussion 463-464.
21. Thomsen ASS, Bach-Holm D, Kjørbo H, Højgaard-Olsen K, Subhi Y, Saleh GM, et al. Operating Room Performance Improves after Proficiency-Based Virtual Reality Cataract Surgery Training. *Ophthalmology.* 2017;124(4):524-31.
22. Ahlberg G, Enochsson L, Gallagher AG, Hedman L, Hogman C, McClusky DA, et al. Proficiency-based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies. *Am J Surg.* juin 2007;193(6):797-804.

23. Gershuni V, Woodhouse J, Brunt LM. Retention of suturing and knot-tying skills in senior medical students after proficiency-based training: Results of a prospective, randomized trial. *Surgery*. oct 2013;154(4):823-9; discussion 829-830.
24. Goova MT, Hollett LA, Tesfay ST, Gala RB, Puzifferri N, Kehdy FJ, et al. Implementation, construct validity, and benefit of a proficiency-based knot-tying and suturing curriculum. *J Surg Educ*. août 2008;65(4):309-15.
25. Stefanidis D, Acker C, Heniford BT. Proficiency-based laparoscopic simulator training leads to improved operating room skill that is resistant to decay. *Surg Innov*. mars 2008;15(1):69-73.
26. Jørgensen M, Konge L, Subhi Y. Contrasting groups' standard setting for consequences analysis in validity studies: reporting considerations. *Adv Simul (Lond)*. 2018;3:5.
27. Thomsen ASS, Kiilgaard JF, Kjaerbo H, la Cour M, Konge L. Simulation-based certification for cataract surgery. *Acta Ophthalmol*. août 2015;93(5):416-21.

VU

NANCY, le **16 juillet 2020**

Le Président de Thèse

**Professeur Jean-Paul BERROD**

NANCY, le **21 août 2020**

Le Doyen de la Faculté de Médecine

**Professeur Marc BRAUN**

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ **11304C**

NANCY, le **1<sup>er</sup> septembre 2020**

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE,

**Professeur Pierre MUTZENHARDT**

---

## RÉSUMÉ

**Introduction :** Le but de notre étude est de développer un test d'évaluation des compétences en chirurgie vitréo-rétinienne sur simulateur EyeSi.

**Matériel et Méthode :** Dix jeunes internes sans aucune expérience chirurgicale, huit internes intermédiaires en milieu de cursus ayant une expérience en chirurgie de cataracte, et cinq chirurgiens vitréorétiniens expérimentés ont été inclus dans cette étude. Le test d'évaluation consistait en 7 modules, qui étaient réalisés deux fois consécutives par chaque participant au cours d'une session unique. La validité était évaluée en se basant sur les critères de validité unifiée de Messick. Les internes du groupe « intermédiaire » réalisaient quatre sessions de test additionnelles, puis étaient à nouveau testés 3 mois plus tard pour évaluer la rétention des compétences.

**Résultats :** Le critère « contenu du test » était respecté du fait que les modules étaient choisis par deux chirurgiens expérimentés. Les « processus de réponse » étaient assurés par la standardisation des consignes et du recueil des données. Le test montrait une consistance interne satisfaisante avec un coefficient  $\alpha$  de Cronbach à 0,76 (« structure interne »), et une bonne capacité à discriminer les novices des experts (« relations avec d'autres variables »). Un score seuil de réussite du test était déterminé à 596 en utilisant la méthode des groupes contrastés. Les « conséquences » à l'application de ce test ne retrouvaient aucun faux-positif ni faux-négatif. Les internes intermédiaires amélioraient significativement leurs compétences au fil des entraînements, atteignant un plateau dont le niveau égalait celui des experts dès la cinquième session. Ce niveau de compétence était maintenu au test de rétention à 3 mois.

**Conclusion :** Nous avons établi un test d'évaluation des performances sur simulateur en chirurgie vitréo-rétinienne avec un solide niveau de validité. Nos résultats suggèrent que ce test pourrait servir à l'avenir dans l'élaboration d'un programme d'entraînement sur simulateur en chirurgie vitréorétinienne.

---

**TITRE EN ANGLAIS :** EyeSi Surgical Simulator : validation of a proficiency-based test for assessment of vitreoretinal surgical skills

---

**THÈSE :** D.E.S. D'OPHTALMOLOGIE - ANNÉE 2020

---

**MOTS-CLEFS :** EyeSi, simulation chirurgicale, chirurgie vitréorétinienne, test basé sur les compétences, entraînement en réalité virtuelle, simulation chirurgicale

---

**INTITULÉ ET ADRESSE :**

UNIVERSITÉ DE LORRAINE  
Faculté de Médecine de Nancy  
9, avenue de la Forêt de Haye  
54505 Vandoeuvre-lès-Nancy

---