



**HAL**  
open science

# La chirurgie robotique et ses questionnements éthiques : défis actuels et enjeux de demain

Clément Larose

## ► To cite this version:

Clément Larose. La chirurgie robotique et ses questionnements éthiques : défis actuels et enjeux de demain. Médecine humaine et pathologie. 2020. hal-03298083

**HAL Id: hal-03298083**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03298083v1>**

Submitted on 23 Jul 2021

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

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



## AVERTISSEMENT

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

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

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

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

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

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

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

## **Thèse**

Pour l'obtention du grade de  
**DOCTEUR EN MEDECINE**

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

Clément LAROSE

Le 02 septembre 2020

**« La chirurgie robotique et ses questionnements  
éthiques : défis actuels et enjeux de demain »**

Sous la direction du Pr Jacques HUBERT, professeur d'Urologie au  
CHRU Nancy

### **Membre du jury :**

- |   |                        |
|---|------------------------|
| - Monsieur le Professeur Jacques HUBERT     | Président et Directeur |
| - Monsieur le Professeur Jean Louis LEMELLE | Juge                   |
| - Monsieur le Professeur Pascal ESCHWEGE    | Juge                   |
| - Monsieur le Professeur Henry COUDANE      | Juge                   |



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  
*PACÉS :* 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

### 43<sup>e</sup> 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 LOZNIEWSKI – 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° 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° 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° 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° 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° 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° Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET MÉDECINE GÉNÉRALE**

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

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

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

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

Professeur Jean-Marc BOIVIN – Professeur Paolo DI PATRIZIO

**54° 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° sous-section : (Chirurgie infantile)**

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

**3° sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)**

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

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

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

**55° 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° sous-section : (Ophtalmologie)**

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD

**3° sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)**

Professeure Muriel BRIX

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS**

**61° Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL**

Professeur Walter BLONDEL

**64° Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

**65° 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° Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE**

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

Docteur Bruno GRIGNON

**2° sous-section : (Histologie, embryologie, et cytogénétique)**

Docteure Isabelle KOSCINSKI

**44° 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° sous-section : (Physiologie)**

Docteure Silvia DEMOULIN-ALEXIKOVA - Docteur Jacques JONAS

**45° 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° 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, Président et Directeur de Thèse**

**M. Jacques HUBERT**

Professeur d'Urologie à l'Université de Lorraine

Je suis reconnaissant de l'honneur que vous nous faites de présider ce jury de thèse. Veuillez recevoir le témoignage de notre respectueuse considération. Je vous remercie de m'avoir fait partager votre passion pour l'urologie.

En premier lieu, vous avez su me faire découvrir et me transmettre votre attrait pour la chirurgie robotique. En tant que directeur de thèse, vous m'avez guidé dans mes recherches et m'avez aidé à trouver des solutions pour avancer. Vos remarques m'ont permis d'enrichir ce projet en lui donnant une nouvelle dimension. Pour votre investissement, je vous en remercie.

**A notre Maître et Juge**

**M. Jean Louis LEMELLE**

Professeur à l'Université de Lorraine

Je vous remercie pour m'avoir fait découvrir l'urologie pédiatrique et la chirurgie pédiatrique lors de mon semestre dans votre service.

Tous mes remerciements pour votre participation à ce jury de thèse, je vous prie d'agréer l'assurance de mon profond respect.

**A notre Maître et Juge**

**M. Pascal ESCHWEGE**

Professeur à l'Université de Lorraine

Je vous remercie pour vos précieux conseils et votre bienveillance. Vous m'avez transmis le goût également pour notre belle spécialité. Comme nouveau chef de service, et comme Mr HUBERT l'avait fait, vous avez su me guider et me soutenir dans mes projets universitaires.

Soyez assuré de ma gratitude et de mon profond respect.

**A notre Maître et Juge**

**M. Henry COUDANE**

Professeur émérite et ancien doyen de la faculté de Médecine de Nancy

Vous avez su aiguïser ma curiosité sur les réflexions éthiques lors de vos cours que vous avez réalisés lors de mon premier et deuxième cycle des études médicales.

Vous nous faites l'honneur de juger ce travail, veuillez trouver ici l'expression de nos sincères remerciements.

**A notre Maître**

**M. Laurent MARTRILLE**

Chef de service de Médecine Légale au CHRU Nancy

Je vous remercie de m'avoir fait découvrir la médecine légale lors de mon passage en tant qu'externe au sein de votre service et de m'avoir soutenu dans mon projet de Master 2 et de thèse.

## **A mes amis, collègues et internes du CHRU de Nancy et de Grenoble**

Un grand merci aussi à ma team médecine, toujours là pour moi, merci pour nos précieux moments de détente.

Jacky, Ségo et Adam, même si la seconde partie de nos études nous ont contraint à être géographiquement séparés, nous sommes toujours restés en contact et c'est avec grand plaisir que l'on se revoit pour partager les grands moments de notre vie.

Merci à Clément M, Antoine P et Antoine B, avec lesquels nous avons passés de bons moments au service et en extérieur autour d'une table. Il me restera toujours en mémoire ce fou rire autour d'une sombre histoire de sushis.

Merci à mes autres co-internes, mes chefs et à toute l'équipe d'urologie du CHRU de Nancy, qui m'ont accompagné dans ce chemin en Urologie.

Merci à toute l'équipe d'Urologie du CHRU de Grenoble qui m'ont accueilli pendant mes 6 mois d'inter-chu, en particulier les Pr DESCOTES et LONG et le Dr FIARD pour les conseils qu'ils m'ont donnés pour mieux appréhender la carrière universitaire.

## **A ma famille**

Enfin, je tiens remercier ma famille que j'aime et qui ont cru en moi tout au long de ce chemin.

Merci à mes parents pour leur amour au quotidien et leur soutien infaillible et de m'avoir permis d'effectuer les études que je souhaitais. Je suis sûr qu'ils sont fiers comme je le suis d'être devenu le premier médecin de notre famille.

Merci à mon frère Jérôme et sa petite famille.

Une pensée à mes grands-parents maternels, qui auraient été fiers de leur petit fils unique. J'ai su appliquer la rigueur de ma mamie Mimi. En son temps, elle avait su l'appliquer dans l'encadrement des études de ma maman. Ils ont su me transmettre leur passion pour le Sud et je leur en remercie. Je suis sûr qu'ils auraient été émus comme je le suis au moment où j'écris ces quelques lignes.

Une pensée à mes grands-parents paternels que j'ai peu connus mais qui m'ont probablement transmis depuis Olley, « le plus beau village de Meurthe et Moselle » selon mon papa, mon amour du terroir et des choses simples de la nature.

Une pensée aux personnes qui me sont chères et qui nous ont quittés toute particulièrement au Lulu, à mamie Monique et à marraine Dado qui ont toujours eu une petite pensée et prière pour moi avant chaque examen.

Enfin un grand merci à ma conjointe, ma moitié, mon binôme, celle qui rythme mon quotidien. Avec toi, je sais que l'on peut traverser les obstacles, merci pour ta force au quotidien. C'est avec toi que je vais construire notre futur foyer familial. Dans un premier temps, un nid douillet respectant tous les critères que tu m'avais demandés qui constituera une base solide pour accueillir le futur « Victor » que tous ceux qui nous connaissent ont déjà bien entendu parler. Un mot résume ce que je ressens pour toi : je t'aime.

## SERMENT

« **Au** moment d'être admis 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.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu 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 déshonoré et méprisé si j'y manque ».

# TABLE DES MATIÈRES

<b>PRÉAMBULE</b> .....	15
<b>1. ÉTAT ACTUEL EN ROBOTIQUE</b> .....	16
<b>2. LES ROBOTS DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ</b> .....	18
<b>3. FORMATION EN CHIRURGIE ROBOTIQUE</b> .....	20
3.1. L'École Européenne de Chirurgie de Paris : EEC .....	20
3.2. B) Le OLV Vattikuti Robotic Surgery Institute: ORSI.....	21
3.2.1. Chirurgie générale .....	21
3.2.2. Gynécologie .....	22
3.2.3. Chirurgie cardiaque .....	22
3.2.4. Urologie.....	22
3.3. L'Institut de Recherche contre les Cancers de l'Appareil Digestif : IRCAD .....	24
3.4. Centre de Formation Intuitive Surgical .....	26
3.5. L'École de Chirurgie de Nancy.....	27
3.5.1. Le Diplôme Inter Universitaire (DIU) de Chirurgie Robotique.....	27
3.5.2. Le DIU de Chirurgie Robotique Digestive.....	28
3.5.3. Le DIU de Chirurgie Robotique Gynécologique .....	29
<b>4. ARTICLE DE THÈSE</b> .....	30
4.1. Introduction .....	31
4.2. Méthode .....	32
4.3. Résultats : Questionnement éthique .....	33
4.3.1. Le principe de bienfaisance.....	33
4.3.2. Le principe de non-malfaisance .....	34
4.3.3. Le principe d'autonomie .....	37
4.3.4. Le principe de justice .....	38
4.3.5. Emergence de nouveaux enjeux éthiques concernant la robotique :.....	39
4.4. Discussion.....	40
4.5. Conclusion.....	41

<b>5. EXPÉRIMENTATION ANIMALE : UNE ÉTAPE ENCORE NÉCESSAIRE MAIS PAS DE N'IMPORTE QUELLE FAÇON .....</b>	<b>42</b>
<b>6. L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : LE PROCHAIN DÉFI À PRENDRE EN COMPTE DANS LE DÉVELOPPEMENT DE LA ROBOTIQUE .....</b>	<b>46</b>
6.1. L'Intelligence Artificielle dans la société .....	46
6.2. L'Intelligence Artificielle dans le domaine de la santé.....	50
<b>7. CONCLUSION.....</b>	<b>52</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>55</b>



## PRÉAMBULE

En tant qu'interne de chirurgie urologique, j'ai rapidement été en contact avec le robot chirurgical Da Vinci, qui est présent au CHRU Nancy depuis 2000, ce qui en a fait un des premiers hôpitaux en France et en Europe à le posséder.

Rapidement je me suis rendu compte que ce type d'intervention nécessitait des compétences chirurgicales techniques mais également non techniques. En effet, l'aide opératoire est le seul au contact direct avec le patient. Le chirurgien est situé à quelques mètres plus loin au niveau de la console du robot. Cet éloignement physique, peu habituel dans les autres techniques chirurgicales, entraîne le développement d'un échange entre l'aide opératoire qui voit ce qui se passe autour du patient (conflit des bras du robot, appui d'un bras sur le patient) et le chirurgien qui est plongé dans l'écran de contrôle de la console robot.

Nouvelle compétence à acquérir en chirurgie robot-assistée, la manipulation du robot et son installation n'est pas "intuitive" malgré le nom de la société leader du marché de la robotique chirurgicale. Le chirurgien, habitué à utiliser ses mains au contact direct du patient, perd ses sensations tactiles et son retour de force qui lui permettaient de caractériser la nature d'un tissu et de définir la pression à mettre sur ses instruments. Il perd également toutes les informations visuelles hors du champs opératoire (qui représentent 80% des informations dans la vie courante) et doit développer une communication audio sécurisée.

Comme toutes nouvelles technologies, la chirurgie robotique impose une formation initiale adaptée et de qualité. En prenant modèle sur les réflexions éthiques soulevées par le développement de la robotique civile, dont un des pionniers est Gianmarco Verruggio qui a créé le terme de « roboéthique », je vais dans ce travail reprendre les principes fondamentaux en éthique de santé nécessaire à une formation de qualité.

Pour cela, je vais commencer par l'historique de la robotique médicale, décrire les formations existantes en chirurgie robotique, les analyser sous le regard des principes de l'éthique de la santé et élargir notre réflexion sur les défis de demain que sont l'Intelligence Artificielle (IA) et l'expérimentation animale.

# 1. ÉTAT ACTUEL EN ROBOTIQUE

A l'origine, le terme robot a été inventé en 1920 par Karel Capek, écrivain tchèque, dans sa pièce de théâtre R.U.R (Rossum's Universal Robots). Le mot dérivé du terme tchèque « robota » signifiant « travail, corvée ».

Ce mot a ensuite été popularisé quelques années plus tard grâce à l'auteur russe Isaac Asimov (1) à travers ses œuvres, dans lesquelles il développe les " Trois Lois de la Robotique ".

Ces lois ont inspiré de nombreux écrivains et réalisateurs comme Alex Proyas dans son film " I, Robot " sorti en 2004.

Tableau 1 : Loi de la Robotique selon I. Asimov

Loi	
Première loi	<i>Un robot ne peut porter atteinte à un être humain, ni, en restant passif, laisser cet être humain exposé au danger.</i>
Deuxième loi	<i>Un robot doit obéir aux ordres donnés par les êtres humains, sauf si de tels ordres sont en contradiction avec la première loi.</i>
Troisième loi	<i>Un robot doit protéger son existence dans la mesure où cette protection n'est pas en contradiction avec la première ou la deuxième loi.</i>

Dans la vie réelle, c'est l'industriel Général Motors en 1961 qui a introduit pour la première fois un robot nommé Unimate dans ses chaînes de montage de voitures pour préserver et remplacer les travailleurs dans certaines fonctions du processus industriel.

Les robots se sont adaptés à d'autres domaines que l'industrie, ainsi la robotique s'est étendue aux domaines militaire, médical, spatial et océanique, des loisirs, culturel, domestique et environnemental.(2)

La CERNA (3) (Commission de réflexion sur l'Éthique de la Recherche en sciences et technologies du Numérique d'Allistene) et la COMEST (4) (Commission Mondiale d'Éthique des Connaissances Scientifiques et des Technologies) nous proposent une définition commune des différentes catégories de robots autonomes et intelligents. Elles jugent incontournable d'adopter une définition commune.

Les robots contemporains se caractérisent par quatre attributs essentiels :

- la mobilité, qui constitue un atout important dans les environnements humains tels que les hôpitaux et les administrations
- l'interactivité, rendue possible par des capteurs et des actionneurs recueillant l'information pertinente de l'environnement, qui permet aux robots d'agir sur cet environnement
- la communication, rendue possible par des interfaces informatiques ou des systèmes de reconnaissance vocale ou de synthèse vocale
- l'autonomie, c'est-à-dire la capacité à « penser » par eux-mêmes et à prendre leurs propres décisions pour agir sur l'environnement sans contrôle extérieur direct.

Pour définir un robot, il est aussi indispensable d'évaluer son degré d'autonomie. Le National Institute of Standards and Technology (NIST) a proposé le système de classification ALFUS (5) (Autonomy Levels For Unmanned Systems) en 2003. L'autonomie est fonction de la complexité des capacités décisionnelles du robot, de l'environnement et de la tâche à accomplir, de sorte que plus ces derniers sont complexes, plus l'autonomie est réduite.

Globalement, trois catégories d'autonomies se détachent :

- Aucune autonomie, le robot est complètement contrôlé par un opérateur ou utilisateur.
- Semi autonome, le robot réalise des actes en suivant des consignes préétablies par l'utilisateur
- Autonome, une autonomie opérationnelle, le robot a la capacité à s'auto-gouverner, c'est-à-dire à décider et agir sans l'intervention extérieure de l'homme

## 2. LES ROBOTS DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ

Dans la pensée collective et la presse, l'usage des robots dans le domaine de la santé est d'actualité. Cela recouvre des dispositifs extrêmement variés tant par leurs fonctions et les technologies mises en œuvre que par les questions d'ordre éthique qu'ils soulèvent.

Ainsi, les robots d'assistance chirurgicale, les prothèses, les membres artificiels, les organes artificiels, les automates de régulations biologiques, les stimulateurs neurologiques et les robots d'assistance aux personnes en situation de faiblesse et surveillance des patients sont quelques-uns des principaux robots utilisés dans le domaine médical.

Depuis le premier robot d'assistance chirurgicale, le Arthrobot, ces derniers ont beaucoup évolués.

Actuellement c'est le robot Da VINCI de chez Intuitive Surgical, qui représente la quasi-totalité des robots chirurgicaux dans le monde. A noter la présence du robot ROSA, un robot dédié à la neurochirurgie, développé par la société Medtech qui est établie à Montpellier. Ce système peut être utilisé pour le guidage lors de toute intervention dans la boîte crânienne ou près de la moelle épinière.

Plutôt que des robots, ce sont des télémanipulateurs (6) couplés à des dispositifs endoscopiques qui facilitent l'exécution des gestes classiques réalisés en chirurgie (section, hémostase, suture). Ils reconstituent, à distance, au moyen d'un écran de vision stéréoscopique, le champ opératoire, puis ils offrent au chirurgien la possibilité d'actionner, toujours à distance, un ou plusieurs « bras » munis d'interfaces motorisées. Les mouvements des instruments étant télécommandés par le chirurgien au moyen de manettes, le robot n'« opère » pas à proprement parler, puisqu'il n'a pas d'autonomie. Il se pourrait toutefois qu'à l'avenir ces robots contrôlent et contraignent les mouvements, de façon à éviter une erreur.

Les avantages de cette technique sont multiples. Les principaux sont la disparition des tremblements, la démultiplication des déplacements, la reproduction de la dextérité de la main humaine grâce à ces sept degrés de liberté et une vision 3D grâce à ses deux caméras incluses dans son optique et l'amélioration de l'ergonomie opératoire.

« Il y a une leçon à apprendre de la chirurgie laparoscopique, c'est de considérer courageusement l'improbable et l'impossible car la technologie peut faire de ces deux items une réalité dans la pratique clinique d'un chirurgien. Ce que l'on pensait impossible est devenu une routine quotidienne. L'innovation technologique repousse perpétuellement les limites de la cré-

dibilité auparavant envisagées que dans le domaine de la science-fiction. Avec ce rythme accéléré de l'innovation, il est nécessaire de prendre acte des conséquences de ces avancés avant qu'une crise médicale ou sociale n'explode ». (7)

### **3. FORMATION EN CHIRURGIE ROBOTIQUE**

Devant la croissance exponentielle de la chirurgie robotique, la question de la formation devient essentielle.

Nous allons faire dans cette partie, un descriptif des principales formations disponibles (8) en Europe pour s'initier à la chirurgie robotique.

#### **3.1. L'École Européenne de Chirurgie de Paris : EEC**

Fondée par le Professeur Guy Vallancien, chirurgien urologue et membre de l'Académie Nationale de Médecine, l'EEC est située au cœur de Paris, dans les locaux de l'Université Paris Descartes. L'École Européenne de Chirurgie, s'impose depuis 2001 comme un centre de formation continue de renom.

Concernant les formations en chirurgie robotique, elles sont orientées sur des items correspondants à une intervention précise par exemple une formation est proposée pour la réalisation de la prostatectomie radicale robotique ou l'hystérectomie radicale robotique.

Ces cours comprennent une partie théorique, un entraînement sur sujet anatomique et selon la formation une demi-journée au bloc opératoire ou un live est proposé. Leur durée varie d'une à deux journées.

Les formations sont accessibles aux chirurgiens de la spécialité concernée et aux IBODES. Une expérience en chirurgie robotique est exigée dans certaines formations par exemple la formation sur la prostatectomie radicale robot-assistée nécessite une expérience minimum de 10 interventions en chirurgie robotique.

En conclusion, l'EEC proposait essentiellement des cours avancés en chirurgie robotique pour se perfectionner sur un type d'intervention précise. Les objectifs sont principalement un perfectionnement de la gestuelle et de la réalisation des temps opératoires, une optimisation du rôle de l'aide opératoire et de l'équipe et la prévention des complications.

En mars 2017, l'Université Paris Descartes a décidé de récupérer ses locaux loués à l'EEC. Pour le moment, privés de locaux, les enseignements de l'EEC sont suspendus. L'APHP est en cours de réflexion sur la création d'une école de chirurgie et de robotique.

### **3.2. B) Le OLV Vattikuti Robotic Surgery Institute: ORSI**

Le "OLV Vattikuti Robotic Surgery Institute" (ORSI) a été baptisé en l'honneur de l'hôpital Onze-Lieve-Vrouw d'Aalst et de la fondation philanthropique "Vattikuti"

Il a ouvert ses portes en avril 2013 à Melle, dans la Flandre orientale en Belgique.

C'est un centre multidisciplinaire de formation et d'expertise en chirurgie mini invasive.

Son fondateur est le Professeur Alexandre Mottrie, urologue dans l'O.L.V. Hôpital à Aalst, Belgique. Ses principaux domaines d'intérêt sont l'oncologie urologique et la chirurgie mini invasive. En 2001, il a été l'un des premiers à commencer par la chirurgie assistée par robot, avec un bilan de plus de 3500 procédures robotiques aujourd'hui.

Différents modèles d'entraînements sont utilisés :

– Modèle sec : dry lab

- modèle plastique ou organe isolé par exemple

– Modèle humide : wet lab

- cadavre canin ou humain
- cochon vivant
- mouton vivant

L'ORSI propose des formations de nombreuses spécialités. (chirurgie générale, gynécologie, urologie, cardiologie...).

#### **3.2.1. Chirurgie générale**

En chirurgie générale, la formation ne nécessite pas une expérience en chirurgie robotique. Elle dure 2 ou 3 jours. Elle se déroule sous la forme le 1<sup>er</sup> jour d'exercices de compétences de base et une évaluation au simulateur de compétences chirurgicales Da Vinci, d'un apprentissage des paramètres et contrôles du système grâce à une vue d'ensemble et d'exercices de simulation. La seconde partie de la journée se passe en wet lab sur un modèle porcine avec la réalisation d'une cholécystectomie robotique, résection du foie, procédure de Nissen et gastroentérostomie manuelle. Le deuxième jour est consacré aux exercices de simulation permettant un apprentissage pour la dissection et le contrôle du 4<sup>ème</sup> bras et à la

formation à la résection antérieure du rectum et à la duodenopancreatectomie céphalique sur cadavre.

### 3.2.2. Gynécologie

En gynécologie, une formation basique est proposée, durant 2 jours avec stimulateur et dry lab pour s'entraîner aux différents types de suture grâce au robot Da Vinci le 1er jour et wet lab le second sur un modèle porcin pour s'exercer à l'ovariohystérectomie étape par étape et à la fermeture de voûte vaginale.

Une formation avancée pour les chirurgiens ayant une expérience en chirurgie gynécologique robotique est disponible. Elle dure deux jours et a pour objectif de faire progresser dans la réalisation d'une lymphadénectomie para-aortique et d'une myomectomie en s'entraînant sur cadavre canin et porc anesthésié.

### 3.2.3. Chirurgie cardiaque

En chirurgie cardiaque, une seule formation avancée est proposée aux chirurgiens ayant une expérience dans la reconstruction de valve mitrale. Cette session de 2 jours a pour objectif de proposer une formation complète sur la technique de la chirurgie robotique valvulaire mitrale et des procédures associées utilisant le système chirurgical Da Vinci permettant aux chirurgiens cardiaques et à leurs équipes de ramener ces nouvelles techniques chirurgicales dans leurs propres hôpitaux.

### 3.2.4. Urologie

En urologie, domaine d'exercice du fondateur d'ORSI, la palette de formations disponibles est plus vaste.

Une formation de base en transplantation rénale robot-assistée durant 5 jours, est ouverte aux chirurgiens ayant peu ou pas d'expérience au robot. Un travail de e-learning est nécessaire avant la session des 5 jours. Les 2 premiers jours sont consacrés à des exercices de stimulateur et de dry lab pour acquérir des compétences en dissection et réalisation de sutures. Lors du 3<sup>ème</sup> jour, une démonstration vidéo d'une greffe rénale robot-assistée est proposée. Enfin les 2 jours restants sont utilisés à la manipulation du robot grâce au modèle porcin anesthésié.

Une autre formation est proposée aux urologues ayant peu ou pas d'expérience au robot. Elle a



pour objectif de familiariser les participants avec les techniques robotiques dans le domaine de l'urologie et de permettre l'exécution correcte des procédures robotiques.

Elle se déroule en deux sessions de 3 jours, séparées de 2-3 semaines pour permettre aux participants de pratiquer certaines procédures dans leur hôpital entre les sessions.

Associée à du e-learning, la 1ere journée s'organise autour d'un pré test et d'une formation technique de base dispensée par les membres d'Intuitive Surgical, conduisant à la remise d'un certificat Intuitive à la fin de la journée. Le lendemain, une observation de cas en direct de l'hôpital OLV d'Aalst est organisée. Le dernier jour de chaque session est consacré au wet lab sur cochon anesthésié et à un post test.

Un certificat de l'European Association of Urology (EAU) est délivré après envoi d'une vidéo pour examen à l'aveugle.



Un certificat EAU Robotic Urology Section (ERUS) est délivré à la fin des deux sessions de 3 jours.



Le cursus robotique EAU est la première formation validée et standardisée en son genre. Dans le développement du processus de validation, le Pr Mottrie a participé à des études pilotes sur ce sujet. La certification et la recertification des chirurgiens sont obligatoires pour le bien-être des patients, afin de distinguer les chirurgiens qui ont eu une formation spécifique en chirurgie robotique.

L'ORSI propose aussi aux urologues déjà expérimentés en chirurgie robotique, plusieurs formations avancées en particulier sur le perfectionnement de la réalisation d'une néphrectomie partielle, une prostatectomie totale, une cystectomie ou entérocystoplastie robot-assistée. Chacune de ses formations dure 3 jours.

Enfin une formation destinée aux experts qui souhaitent perfectionner leurs compétences

pédagogiques est disponible. L'objectif est de mettre en œuvre une méthode standardisée et systématique d'enseignement en Europe en ce qui concerne les techniques et procédures robotiques. Pendant ce cours d'une journée et demie, le stagiaire améliorera ses compétences didactiques afin de transmettre les connaissances de la manière la plus efficace. Elle est basée sur des compétences non techniques en particulier des méthodes de communication et d'évaluation.

En conclusion, l'ORSI dispense des formations très diverses, aussi bien du point de vue des participants recherchés (formation pour novice en chirurgie robotique ou formation avancée pour perfectionner une technique déjà maîtrisée), que des spécialités proposées.

Les formations orientées vers l'urologie sont objectivement plus longues avec une durée de 5 jours repartis en une ou deux sessions. Elles aboutissent à une certification reconnue, contrairement aux autres spécialités qui sont des formations de deux ou trois jours.

### **3.3. L'Institut de Recherche contre les Cancers de l'Appareil Digestif : IRCAD**

L'institut de Recherche contre les Cancers de l'Appareil Digestif (IRCAD) est un centre privé de recherche médicale qui a été fondé en 1994 par le Professeur Jacques Marescaux. Il est situé sur le site de l'Hôpital civil de Strasbourg, site principal du Centre Hospitalo Universitaire de Strasbourg.

L'IRCAD et Pr Marescaux ont créé en l'an 2000 sur internet, l'Université Virtuelle WeBSurg (websurg.com) a été entièrement développée par des professionnels de santé. Cette université bénéficie d'un comité de pairs garant de la validité de son contenu scientifique. WeBSurg est accréditée par des sociétés savantes d'obédience internationale.

Rassemblant 355 000 membres actifs, cette Université Virtuelle en ligne est devenue la référence mondiale en matière d'éducation médico-chirurgicale s'adressant aux internes en chirurgie, débutants et confirmés dans diverses spécialités chirurgicales.

Ce site, devenu le numéro 1 de l'enseignement de la chirurgie mini-invasive est traduit en 7 langues et est entièrement gratuit.

Les formations proposées par l'IRCAD sont surtout orientées vers des cours avancés et intensifs concernant la chirurgie mini invasive par laparoscopie ou l'endoscopie interventionnelle. Des spécialités très diverses sont proposées par exemple la spécialité de chirurgie générale, digestive, périanale et transanale, colorectale, bariatrique et métabolique, hépatobiliaire et pancréatique, urologique, endoscopie digestive et flexible, chirurgie pédiatrique, gynécologique, thoracique, de neurochirurgie et d'arthroscopie.

En chirurgie robotique, une formation en chirurgie bariatrique et métabolique robotique est proposée. Elle a pour objectif de couvrir un large éventail de procédures chirurgicales en chirurgie robotique bariatrique et métabolique, fournir des indications pour un traitement chirurgical et discuter des complications opératoires. Elle permet aussi de mettre en évidence les aspects techniques des interventions chirurgicales par la diffusion de procédures en direct, de permettre une discussion en temps réel entre les opérateurs et les chirurgiens en formation et de décrire les résultats cliniques postopératoires et les applications pratiques de la médecine clinique fondée sur des preuves.

En juin 2015, le Pr. Jacques MARESCAUX, Président de l'IRCAD, Mme Laurence COMTE-ARASSUS, Présidente de Medtronic France, et M. Damien DESMEDT, Vice-Président Sales & Marketing Europe, Intuitive Surgical, inaugurent l'IRCAD 2, nouvelle extension de l'IRCAD au sein des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg.



La société américaine Intuitive Surgical, leader mondial de la chirurgie mini-invasive assistée par robot, a choisi d'installer son plus gros centre de formation en Europe sur un étage de l'IRCAD 2, afin de donner l'opportunité aux nombreux chirurgiens en formation à l'Institut de tester les robots Da Vinci.

Sept robots Da Vinci, équipés de double- consoles et de simulateurs de chirurgie, se déploient sur les 370 m<sup>2</sup> du tout nouveau laboratoire expérimental.

### **3.4. Centre de Formation Intuitive Surgical**

La société « Intuitive Surgical » propose et finance une formation intensive à tous les chirurgiens qui viennent d'acquérir leur robot Da Vinci. Elle se déroule sur 2 jours dans un des centres de formation Da Vinci, le plus grand étant situé dans les locaux de l'IRCAD 2.

Cette première phase de la formation sur la chirurgie Da Vinci est conçue pour donner aux équipes une compréhension fondamentale du système chirurgical Da Vinci. Les équipes chirurgicales complètent leur formation avec un e-learning en consultant les vidéos de procédure disponibles sur la Communauté en ligne de la chirurgie Da Vinci.

À ce stade, les nouveaux chirurgiens commencent leurs premières procédures chirurgicales robot-assistées. Le chirurgien en formation reçoit l'aide d'un expert sur quelques interventions. L'objectif est de fournir un soutien direct et d'aider à assurer une technique appropriée.

La formation repose donc sur le « proctoring » qui consiste en un accompagnement dans la réalisation d'une procédure chirurgicale précise.

Après cette phase de proctoring, le chirurgien continue seul son apprentissage.

Selon les exigences de formation et d'accréditation d'un hôpital, un proctor d'Intuitive Surgical peut être tenu de fournir une évaluation des compétences chirurgicales du nouveau chirurgien en utilisant le système da Vinci.

Intuitive Surgical conseille de participer à des formations avancées disponibles dans certains centres de formation. Ces programmes sont dirigés par des chirurgiens expérimentés et indépendants qui s'engagent avec Intuitive Surgical.

Sur son site internet, la compagnie Intuitive Surgical prévient ses clients : « Intuitive Surgical forme à la manipulation du Da Vinci Surgical System ». Les informations données durant les formations « Intuitive Surgical training » ne se substituent pas à une formation médicale ou à une certification.

« Intuitive Surgical n'est en aucun cas responsable de la formation ou de la qualification des

chirurgiens et de leurs techniques ou procédures chirurgicales ».

En conclusion, Intuitive Surgical impose une formation de deux jours dans leur centre de formation et met en place un système de proctoring au cours des premières interventions du chirurgien formé sans prendre la responsabilité de cette formation.

### **3.5. L'École de Chirurgie de Nancy**

L'École de Chirurgie de Nancy-Lorraine est née de la fusion, en 2005, du laboratoire de Chirurgie Expérimentale (Pr. Jean-Pierre Villemot) de la Faculté de Médecine de Nancy et de l'Institut de Recherche Chirurgicale (Pr. G. Dautel).

Aujourd'hui co-dirigée par Pr. L. Bresler et par N. Tran, l'École de Chirurgie, a la vocation de développer des activités de formation et de recherche en chirurgie notamment dans le domaine de l'innovation médico-chirurgicale (téléchirurgie, chirurgie robotique, chirurgie coelioscopique, endoscopique, endoluminale, chirurgie réparatrice cellulaire et tissulaire) et une valorisation des procédures de validation thérapeutique fondée sur de l'expertise chirurgicale.

Concernant la chirurgie robotique, elle propose deux formations reconnues sur le plan universitaire.

#### **3.5.1. Le Diplôme Inter Universitaire (DIU) de Chirurgie Robotique**

Crée en 2008 par le Pr Jacques Hubert, l'objectif de cette formation est d'acquérir les fondamentaux techniques de chirurgie robotique et d'obtenir une utilisation sécurisée du robot Da Vinci. Elle se compose d'une part de e-learning de 7h permettant de voir l'ensemble des connaissances nécessaires à l'emploi du robot et d'autre part de 5 jours consécutifs de formation multimodale à l'École de Chirurgie de Nancy. Cette formation est accessible aux chirurgiens ou aux infirmières de bloc opératoire.

Dans le but de se familiariser avec l'interface robotique et de développer des réflexes spécifiques à son utilisation, le stagiaire suit à son rythme un programme d'entraînements progressifs sur la compétence à acquérir (geste de base, suture, utilisation du 4eme bras). A l'instar de la formation en aéronautique, la simulation fait par intégrante du DIU. Ainsi deux types de simulateurs sont utilisés, le Mimic dv Trainer permettant de se former aux gestes de base au robot et le Mimic XXT (9).

Ce dernier met en avant l'importance du travail d'équipe (team training). En effet, étant constitué de deux jeux de manettes (une coelioscopique et une robotique), le Mimic XXT développe la communication et la coordination entre le chirurgien et son aide opératoire.

Les nombreuses similitudes constatées entre la pratique du robot et la microchirurgie ont amené à proposer 4 heures de microchirurgie dans la formation. En effet l'analogie entre la disposition des mains du chirurgien, l'absence de retour de force et l'emplacement de la tête du chirurgien dans un champs opératoire réduit (microscope ou console robot) est perceptible entre ces deux techniques.

Après une bonne progression grâce aux simulateurs, le stagiaire manipule le robot Da Vinci sur des modèles inanimés (dry lab des chirurgiens américains) comportant des exercices de base, de docking (installation du robot) et de la chirurgie sur organes ex-situ. Enfin dans une réflexion de meilleure utilisation des ressources que sont les animaux vivants<sup>(10)</sup>, ce n'est qu'après avoir prouvé leur maîtrise du robot que les stagiaires passent à la chirurgie sur un modèle animal vivant (cochon, wet lab), en réalisant des interventions proches de celles qu'ils réaliseront dans leur spécialité.

Des moments de débriefings, de team training et l'observation en live d'opérations réalisées par chirurgie robot-assistée concluent le programme du DIU de Chirurgie Robotique de Nancy. La formation se termine par une évaluation des aptitudes techniques à chaque atelier et par une validation des acquis par QCM. En cas de réussite, le stagiaire obtient son diplôme reconnu au niveau universitaire : le Diplôme Inter Universitaire de Chirurgie Robotique.

Ce DIU a un rayonnement international comme le montre la présence de nombreux chirurgiens internationaux parmi les lauréats de ce diplôme.

### 3.5.2. Le DIU de Chirurgie Robotique Digestive

Il est destiné aux chirurgiens digestifs et infirmières de bloc opératoire en chirurgie digestive qui souhaitent acquérir des bases pour réaliser un certain nombre d'interventions en chirurgie digestive à l'aide du robot Da Vinci. La formation dure un an, répartie en 4 sessions de 3 jours. Les modules ont lieu à Nancy, Strasbourg et Montpellier.

La formation concernant le tractus digestif haut (oesophagectomie, gastrectomie, gastric bypass) est réalisée par le Professeur Laurent Bresler et Professeur Laurent Brunaud à Nancy. La chirurgie colorectale (cancers colorectaux, endométriose, prolapsus rectal) est encadrée par le Pr. Philippe Rouanet à Montpellier et la chirurgie hépatobiliaire et pancréatique (DPC, pancréatectomie gauche, hépatectomies) par Pr. Patrick Pessaux à Strasbourg.

Cette formation est complétée par des stages au bloc opératoire et par la participation à des congrès de chirurgie robotique. Durant un an, elle est validée par un examen à la fin de chaque module et permet l'obtention du DIU Chirurgie Robotique Digestive en cas de validation.

### 3.5.3. Le DIU de Chirurgie Robotique Gynécologique

L'objectif de ce DIU est de permettre à des chirurgiens gynécologues confirmés ou en fin de formation d'acquérir les bases suffisantes pour mener à bien un certain nombre d'interventions gynécologiques réalisées par coelioscopie robot assisté du robot Da Vinci.

La formation est d'une durée d'un an, répartie en 4 sessions de 3 jours dont les modules théoriques ont lieu à Nancy et à Paris et les modules pratiques ont lieu à l'Ecole de Chirurgie de la Faculté de Médecine de Nancy.

Cette formation permet un apprentissage théorique et pratique de certaines interventions en coelioscopie robotique comme par exemple la rectopexie, la suture de trompes, l'hystérectomie radicale ou les curages pelviens et lombo-aortiques.

Des compétences non techniques indispensables au bon déroulement de la chirurgie robotiques sont aussi enseignées comme le facteur humain en chirurgie robotique.

## 4. ARTICLE DE THÈSE

# La chirurgie robotique sous le regard de l'éthique

C.Larose <sup>1</sup>, P. Eschwege <sup>1</sup>, L.Martrille <sup>2</sup>, J. Hubert <sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Service d'Urologie, CHU Nancy Brabois et Université de Lorraine

<sup>2</sup> Service de Médecine Légale, CHU Nancy Brabois et Université de Lorraine

<sup>3</sup> IADI-UL-INSERM (U 1254), CHU de Nancy

### Résumé

Depuis les années 2000, la chirurgie robotique est devenue une technique chirurgicale qui se développe dans de nombreux centres à travers le monde. En parallèle de cette ère d'innovation, et comme toutes nouvelles technologies, la question d'une formation se pose. L'évolution de notre société accompagnée de sa judiciarisation croissante, nous incite à acquérir une formation initiale de qualité et une évaluation des compétences qui prendrait la forme d'une certification ou d'un diplôme.

**Méthode** : Recherche dans PubMed les rubriques éthique, bioéthique, robotique, entraînement et chirurgie.

**Résultats** : 49 articles ont été sélectionnés pour élaborer une réflexion sur la robotique, en insistant sur son impact dans la santé en abordant les questions éthiques entourant la formation et l'utilisation de robot en chirurgie. La chirurgie robotique et son développement doivent intégrer les principes éthiques de bienfaisance, non malfaisance, d'autonomie et de justice en prenant compte des défis de demain que sont l'expérimentation animale et l'intelligence artificielle.

**Conclusion** : La chirurgie robotique est une réalité dans de nombreux établissements, ce qui rend indispensable la réflexion éthique sur la nécessité d'instaurer une formation initiale de qualité et une certification des compétences du chirurgien pour la sécurité des patients.

**Mots clés** : chirurgie, éthique, robotique, formation



## 4.1. Introduction

La robotique a connu un important essor dans le domaine civil et industriel depuis le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle. Elle commença comme une histoire de science-fiction, c'est à dire par l'imagination de l'homme, c'est la raison pour laquelle le robot le plus sophistiqué de la chirurgie actuelle s'appelle Da Vinci en hommage à Léonard de Vinci qui fût le premier Homme dans l'histoire à avoir imaginé un robot. Même si la chirurgie robotique est plus récente, elle n'est pas apparue du jour au lendemain.

Tout d'abord, il faut savoir que l'utilisation de robots-médecins date de 1983 avec le "Arthrobot" qui a été développé et utilisé pour la première fois à Vancouver, BC, Canada et permettait de transmettre les instruments au chirurgien en réponse à des commandes vocales. C'est avec l'apparition de la chirurgie viscérale mini-invasive assistée par robot qu'une nouvelle génération de robot va voir le jour à partir de la fin des années 1990. *Intuitive Surgical*® (Sunnyvale, Cal, USA) va imposer son système Da Vinci dans ses différentes versions au gré des évolutions. Intuitive Surgical annonce que le nombre de systèmes déployés en septembre 2019 était dans le monde de 5406 dont 133 en France, 936 en Europe et 3459 aux États-Unis.

Le développement de cet outil technologique a permis une avancée significative dans l'activité chirurgicale, générant le besoin d'une nouvelle réflexion dans les domaines technique, juridique et bioéthique (11).

Cette réflexion peut être étendue à l'ensemble de l'utilisation des robots dans notre société civile. C'est pourquoi sur le plan éthique, de nombreuses questions sont soulevées, en particulier concernant la relation entre les humains et les machines (12). La devise de l'Académie de Chirurgie « Vérité dans la Science. Moralité dans l'Art » est l'exemple parfait du lien entre éthique et chirurgie.

Ces interactions entre robotique et bioéthique constituent un nouveau champ d'étude dans la littérature scientifique. Dans ce domaine en plein développement, de nombreuses publications ont été réalisées pour adapter des grands principes éthiques à la robotique dans le domaine civil. Mais pauvre est la littérature qui se centre sur la prise en compte de ces réflexions éthiques au cours de la formation dédiée à la chirurgie robotique et à l'utilisation des robots en chirurgie.

Ainsi, l'objectif de cet article sera d'aborder les questions éthiques entourant la formation et l'utilisation de robot en chirurgie en prenant compte des défis de demain que sont l'expérimentation animale et l'intelligence artificielle.

## 4.2. Méthode

En combinant les mots clefs " ethics ", " bioethics", " robotics ", " surgery" et " training", nous avons pu déterminer des stratégies de recherche dans les revues.

Les associations descriptives suivantes ont été utilisées :

- A) ethics + robotics
- B) Mesh topic ethics + robotics
- C) bioethics + robotics
- D) ethics + robotics + surgery
- E) bioethics + robotics + surgery
- F) ethics + robotics + training
- G) bioethics + robotics + training

dans les bases de données PubMed, avec date limite de recherche jusqu'au 31 juillet 2020. (Tableau 1)

L'ensemble de ces 781 articles étaient sur PubMed.

Sur l'ensemble des articles proposés, seulement 49 articles ont retenu notre attention car ils ciblaient la robotique civile et chirurgicale avec un regard particulier à son aspect éthique.

Tableau 1 : Résultat recherche PubMed

Associations de mots clefs	Nombres d'articles dans PubMed (nb retenu = 49)
A) ethics + robotics	772 (45)
B) Mesh topic ethics + robotics	85 (12)
C) bioethics + robotics	38 (6)
D) ethics + robotics + surgery	338 (11)
E) bioethics + robotics + surgery	13 (4)
F) ethics + robotics + training	171 (5)
G) bioethics + robotics + training	6 (1)

### 4.3. Résultats : Questionnement éthique

Par nature la chirurgie a une approche éthique toute particulière avec les patients et leurs corps. Depuis la disparition du bourreau, le chirurgien reste le seul à avoir légitimement le droit « d'attenter à l'intégrité physique d'une personne humaine » en la faisant saigner. Grande est sa responsabilité morale (13)

Le projet RoboLaw ("Regulating emerging robotic technologies in Europe : Robotics facing law and ethics) réalisé par E.Palmerini et al. , publié en mai 2014 propose une analyse approfondie des enjeux éthiques et juridiques soulevés par les applications bio robotiques et fournit aux régulateurs européens et nationaux des orientations pour y faire face. (14)

Les grands principes de l'éthique biomédicale sont au nombre de quatre :

- le principe de bienfaisance
- le principe de non-malfaisance
- le principe d'autonomie
- le principe de justice

#### 4.3.1. Le principe de bienfaisance

La bienfaisance correspond à contribuer au bien-être d'autrui.

Bienfaisance envers le patient : Si le bénéfice de la chirurgie robot-assistée est indéniable par rapport à la chirurgie ouverte, son bénéfice vis à vis de la chirurgie coelioscopique standard a mis du temps à être démontré.(15)

En effet, le robot, avec sa meilleure ergonomie et de meilleures caractéristiques techniques (vision 3D, sept degrés de liberté ...) rend le geste opératoire plus efficace pour le chirurgien.

Bienfaisance envers le chirurgien : non envisagée jusqu'ici alors que les articles décrivent la coelioscopie standard comme un progrès pour le patient mais une épreuve pour le chirurgien.

Le principe de bienfaisance en chirurgie robotique ne pourrait-il pas s'appliquer au chirurgien lui-même ? Comme la technique robotique fait au moins aussi bien que la coelioscopie standard, l'amélioration des conditions opératoires pour le chirurgien ne justifie-t-il pas l'utilisation du robot ? (16)

En effet, le robot permet un meilleur confort opératoire pour le chirurgien grâce à l'ergonomie de la console qui permet de dépasser les contraintes physiques de la coelioscopie standard. (17)

### 4.3.2. Le principe de non-malfaisance

C'est le principe fondamental de tout acte médical et chirurgical. Comme le résume bien l'expression attribuée à Hippocrate, " primum non nocere ", le rôle du médecin est d'abord de " ne pas nuire à son patient ". La formation dans toutes nouvelles techniques médicales et chirurgicales est donc fondamentale et son objectif est d'assurer la sécurité des patients et de réduire les risques durant la période d'apprentissage.

Celle-ci est définie dans la littérature comme étant le temps nécessaire pour atteindre un niveau d'expérience permettant d'obtenir des résultats de qualité qui ne varient plus beaucoup (la courbe d'apprentissage atteint alors un plateau) lors de la réalisation d'une intervention chirurgicale et/ou correspondant au nombre minimal de cas requis pour avoir la compétence nécessaire à la réalisation d'une procédure donnée (18).

En moyenne, un chirurgien, peu importe sa spécialité, met entre 20 et 40 interventions pour achever sa courbe de progression. Cela se visualise sur les courbes d'apprentissage par l'obtention d'une phase de plateau. (Figure 1). Ces courbes correspondent aux débuts de la robotique quand les chirurgiens n'avaient pas de formation spécifique en dehors de celle proposée par l'industriel.

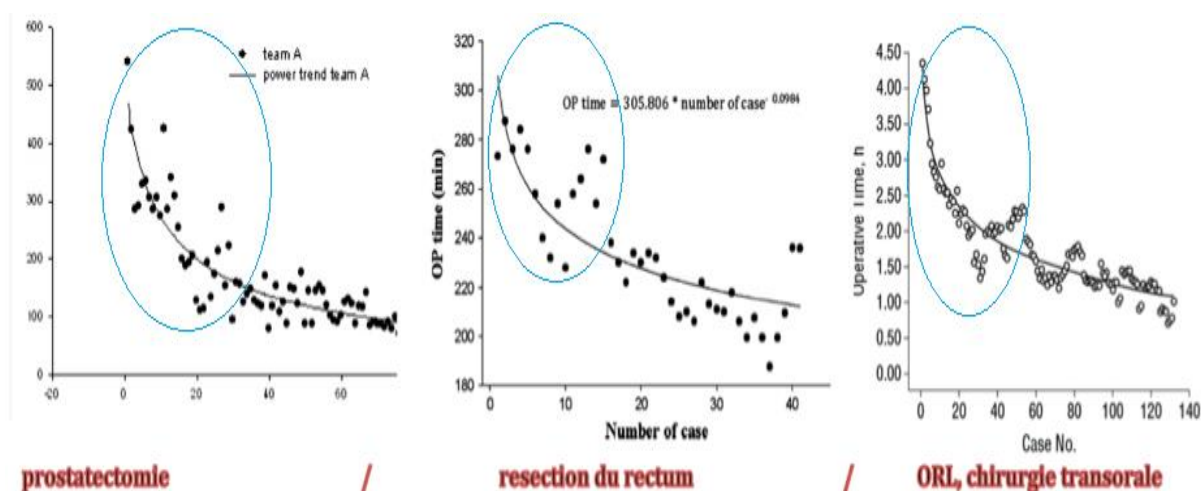


Figure 1 : Courbes d'apprentissage dans différentes spécialités chirurgicales (19) (20) (21)

Ainsi l'objectif d'une bonne formation est de réaliser le début de cette courbe de progression avant d'opérer des patients. L'HAS utilise l'expression " jamais la première fois sur un patient ", ce qui témoigne bien de l'importance de la simulation et de l'entraînement wet lab et dry lab dans la formation.

Une telle courbe d'apprentissage avec une période « malfaisante » n'est plus acceptable.

Comme le souligne l'ANSM dans un rapport en 2014 (22) concernant les robots chirurgicaux Da Vinci de la société Intuitive Surgical en France dans 69 établissements de santé possédant un robot Da Vinci, la cause la plus souvent rapportée pour expliquer un EIG (événement indésirable grave) est l'expérience ou la formation du chirurgien et de l'équipe.

La formation de l'ensemble de l'équipe utilisatrice (chirurgien, aide opératoire) est le facteur principal qu'il convient de considérer. L'enquête montre que les établissements de santé réalisant le plus grand nombre d'interventions, ont déclaré le moins d'effets indésirables graves, ce qui montre l'influence de l'expérience dans la pratique sur les EIG.

Dans un monde où la judiciarisation du domaine médical est grandissante, un chirurgien qui peut justifier d'une formation initiale de qualité certifiée pourra mieux se défendre dans un juge. Ainsi en septembre 2016, la 6ème chambre de la Cour Administrative d'Appel de Lyon (23) a été la première en France à confirmer la condamnation d'un hôpital pour une chirurgie robotique trop longue et une pratique hésitante ayant entraîné une atteinte nerveuse du plexus brachial. Aux Etats-Unis des avocats se sont spécialisés dans les affaires de chirurgie robotique et encouragent à travers des sites internet les patients ayant subi un événement indésirable à se retourner contre leurs chirurgiens ou Intuitive Surgical.

La littérature scientifique a montré la validité de l'utilisation des simulateurs dans le cadre de la formation en chirurgie robotique. Par exemple, l'étude MED-FRS (24) (Multicentric Evaluation of dV- Trainer for Fundamentals of Robotic Surgery) a affirmé l'intérêt du simulateur dV-Trainer comme outil de formation et d'évaluation à grande échelle des compétences de base en chirurgie robotique.

Dans ces travaux concernant l'application de mesures de sécurité au cours d'une chirurgie robotique, Jeffrey A Larson et son équipe ont établi 5 règles pour ne pas nuire au patient (25) :

- le mentorat ne doit pas être limité à la phase initiale de l'apprentissage du robot
- une connaissance de la physiologie laparoscopique et des techniques de gestion des complications spécifiques à la cœlioscopie sont nécessaires
- une bonne sélection des patients en fonction du niveau en chirurgie robotique du chirurgien est requise
- connaître la méthode et accepter le fait de devoir convertir s'il est nécessaire pour des raisons de sécurité

- le représentant industriel peut être présent pour vérifier et aider à la bonne utilisation du matériel mais en aucun cas il n'influence les décisions médicales ou chirurgicales.

Nous pouvons compléter en rajoutant une 6<sup>ème</sup> règle : obtenir en prérequis, une maîtrise technique du robot. Il existe un besoin de training spécifique pour savoir manipuler le robot en recourant à des techniques modernes, éprouvées sur le plan pédagogique.

Cette séparation entre le représentant industriel et le chirurgien est nécessaire. Malheureusement ce principe est trop peu appliqué comme le montrent plusieurs équipes. En croisant les informations issues de la déclaration des conflits d'intérêt de chaque article et celles issues de la base de données de transparence financière, ces équipes sont arrivées à plusieurs conclusions. Leurs travaux vont tous dans le sens qu'il existe des conflits d'intérêt financiers, trop souvent non déclarés dans les articles. Autre conclusion, ces équipes qui ont bénéficié de financement par les industriels sont statistiquement plus favorables à l'utilisation de la chirurgie robotique. (26 – 28)

Une enquête interrogant 3247 scientifiques ayant publié dans le journal scientifique Nature, démontre que plus de 15 % des scientifiques déclarent avoir « changer la conception, la méthodologie ou les résultats d'une étude en réponse à la pression d'une source de financement. (29)

En plus d'être mal faisant, un autre problème médico-légal se pose en cas de mauvaise formation d'un chirurgien lors d'une erreur médicale. Le coupable est-il le chirurgien seul, l'industriel (raison pour laquelle il fait sa propre formation), l'établissement hospitalier qui a autorisé à travailler sur le robot sans s'assurer de la bonne formation de son chirurgien ou qui n'a pas voulu financer la formation) ou le chef de service qui ne s'est pas vérifié les compétences de ses collaborateurs ?

### 4.3.3. Le principe d'autonomie

Il correspond au fait de laisser au malade la possibilité de disposer de lui-même : auto-détermination. D'une médecine paternaliste où le patient se remettait complètement aux décisions du médecin, nous sommes passés à une médecine où le patient est au centre des décisions. Le principe d'autonomie reflète bien ce changement, il représente la valeur de liberté attribuée au patient dans les prises de décisions concernant sa santé. Cela oblige à prendre au sérieux les capacités morales et intellectuelles du patient, qui devient acteur de sa santé. Le principe d'autonomie implique la notion d'une information claire loyale et appropriée et d'un consentement libre et éclairé au cours d'un échange de question/réponse (30).

Le médecin ne doit pas faire preuve d'insistance envers telle ou telle technique car cela peut vite dériver vers de l'incitation, à ce moment là le consentement n'est plus aussi « libre » que le réclame le principe d'autonomie.

Si l'on applique ce principe d'autonomie à la chirurgie robotique, on obtient :

- la nécessité de présenter les avantages et inconvénients de la chirurgie robot-assistée
- de laisser le choix final de la technique au patient en allant jusqu'au bout de cette notion d'information claire et loyale si le chirurgien est au début de sa formation et de sa courbe d'apprentissage, il devrait le signaler et prévenir le patient qu'il sera assisté d'un autre chirurgien plus expérimenté. Il est recommandé qu'un consentement préalable du patient soit obtenu et que le rôle du proctor soit clairement défini dès le départ pour que la responsabilité de chacun soit définie en cas de conflit (31).

Il semble exister une utilisation exagérée de la chirurgie robotique dans des situations non nécessaires juste pour le prestige d'un établissement ou d'une équipe. (14)

Cela s'observe par la diffusion massive des robots aux USA poussée par la guerre de concurrence entre les hôpitaux. En 2000, 17 robots étaient présents aux USA et 17 en Europe. En mars 2020, 3581 robots aux USA et 993 en Europe. Avec la même croissance, l'Europe devrait posséder plus de 5000 robots.

A l'opposé, le principe d'autonomie peut entraîner la situation où le patient souhaite être opéré avec le robot pour bénéficier de la « magie » du robot, idée présente dans l'esprit du grand public et amplifiée par les médias, alors qu'une opération plus standard lui est conseillée par son chirurgien. Il existe une tendance de plus en plus grande à réclamer le robot ou à aller dans les centres qui en sont équipés.

#### 4.3.4. Le principe de justice

Tom Beauchamp et James Childress (32) développent dans leur ouvrage définissent le principe de justice comme le fait « d'être équitable pour tout un chacun (fair opportunity), selon ses besoins socialement et médicalement reconnus ».

Ce principe ne concerne pas uniquement les praticiens de santé mais il touche également les politiques de santé, engage des arbitrages économiques et des choix de société. On a coutume de dire, pour cette raison, que le principe d'équité est un principe de « macro-éthique ». Le principe de justice rappelle que, pour être éthique, la décision médicale doit intégrer en elle le critère du coût des soins administrés au patient.

De nos jours, la société prend peu à peu conscience que les ressources de santé ne sont pas indéfiniment extensibles et que les décisions médicales ne sont pas éthiques si elles dédaignent le coût de la prise en charge du malade. Avec l'accroissement continu de la demande de soins ou le vieillissement de la population, l'exigence d'une juste distribution des ressources sanitaires entre tous est fondamentale. Il est insouciant de reléguer l'économie à l'arrière-plan. Il existe incontestablement un conflit de valeurs entre la bienfaisance pour l'individu et le bien du collectif.

Il faut savoir que l'implantation d'un robot dans un hôpital est un investissement coûteux : au prix initial de 2 millions d'euros, s'ajoutent 200 000 euros/ an de maintenance et le prix des consommables (entre 700 et 3500 euros/ intervention). Les consommables représentaient plus de 53% des revenus d'Intuitive Surgical en 2019. (2408.2 / 4478.5 millions de dollars). (33)

En appliquant, ce principe à la chirurgie robotique, on obtient :

- la nécessité de sélectionner les patients qui bénéficieront le plus des avantages de la cœlioscopie robot-assistée versus cœlioscopie standard. L'étude Rolaar, qui étudie les résections de cancer rectal en chirurgie robot-assistée versus cœlioscopie standard, tend à montrer un bénéfice chez les hommes et chez les patients obèses concernant le risque de conversion en chirurgie ouverte.



- la nécessité de sélectionner les interventions qui seront réalisées à l'aide du robot. Une prostatectomie radicale sera plus volontairement faite avec l'aide du robot car ce dernier rendra le geste plus simple alors qu'une cholécystectomie n'a pas d'avantage à être réalisée au robot.

La nécessité de devoir choisir quelle intervention sera réalisée grâce au robot pour des raisons économiques soulève un dilemme éthique surtout quand le chirurgien est convaincu de la supériorité du robot.

La France, contrairement à certains pays anglo-saxons, donne la priorité au principe du respect du choix de la personne sur toute autre considération. Et même si le facteur économique prend de plus en plus d'importance, on peut se demander s'il n'y a pas quelque chose de contre-nature dans le fait de le hisser au même rang que les trois autres principes éthiques qui régissent le colloque singulier.

Avec le développement à venir de concurrents d'Intuitive Surgical dont l'objectif affiché est d'amener le coût de la robotique au plus proche de celui de la coelioscopie standard, le surcoût de la chirurgie robot-assistée pourrait s'estomper, ce qui diminuera ce conflit entre la bienfaisance pour l'individu et le bien du collectif.

#### 4.3.5. Emergence de nouveaux enjeux éthiques concernant la robotique :

En effet, comme la société, la robotique en particulier la robotique médicale est en perpétuelle évolution. Le débat sur l'expérimentation animale et l'émergence de l'intelligence artificielle sont et vont devenir des items à prendre en compte dans le développement de la robotique médicale et de la formation en robotique.

L'expérimentation animale est très ancienne mais elle a connu son plein essor au XIX siècle grâce au physiologiste français Claude Bernard (1813-1878) et son professeur, François Magendie (1783-1855). L'expérimentation animale est une piste qui faut continuer à développer au moment de la formation des chirurgiens pour permettre la progression de la courbe d'apprentissage en respectant la sécurité du patient. Elle est encore une étape nécessaire mais pas de n'importe quelle façon. Elles s'appuient sur la règle des 3 R établie par deux scientifiques britanniques en 1959 : W.M.S. Russell et R.L. Burch dans leur ouvrage « The Principles of Human Experimental Technique ».(34)

Remplacer : le recours à l'animal par des méthodes in vitro ou in silico chaque fois que cela est possible avec le développement de techniques substitutives

Réduire : le nombre d'animaux utilisés au minimum indispensable en réduisant les répétitions inutiles

Raffiner : optimiser et améliorer les conditions de vie des animaux et celles de la pratique expérimentale dans l'objectif du respect de l'animal par l'amélioration des techniques opératoires, la réduction de la souffrance et le stress de l'animal.

Même si l'intelligence artificielle n'est pas encore présente dans la formation en chirurgie robotique, elle a déjà pris une place importante dans le domaine de la santé. Par conséquent, dans les années à venir, il faudra intégrer les avancées de l'IA dans nos programmes de formation pour « aider nos apprenants à maîtriser ces nouvelles technologies sans sacrifier leur capacité à se connecter avec leurs patients et sera sans aucun doute l'un des grands défis de l'éducation de la prochaine génération de médecins. » (35)

#### **4.4. Discussion**

La chirurgie robot-assistée a connu un développement important ces dernières années. Le marché de la chirurgie robotique a passé la barre des 3 milliards de dollars en 2014 et dépassera les 6 milliards de dollar en 2020. (36) La chirurgie robot-assistée est confrontée en France et dans le reste du monde à un problème au niveau de sa formation. Comme le signalait l'Académie Nationale de Chirurgie dans un rapport en 2015, la formation en chirurgie robotique assurée actuellement par les industriels n'a pas de valeur légale (37) Elle ne correspond qu'à une obligation comme tout fabricant d'expliquer son fonctionnement à l'acquéreur.

Une formation trop courte, qui ne comporte pas d'évaluation des capacités du chirurgien à utiliser le robot ne permet pas au chirurgien de progresser dans sa courbe d'apprentissage sur d'autres modèles que le patient lui-même. Elle n'est pas suffisante pour obtenir les compétences nécessaires à la bonne utilisation du robot chirurgical.

Un chirurgien n'ayant pas reçu une formation optimale, va commencer à opérer sans avoir terminé sa courbe d'apprentissage et risque de mettre en danger son patient. Cela est un préjudice au principe éthique de bienfaisance et de non-malfaisance.

Le développement de la concurrence dans le domaine de la chirurgie robotique, permettra sans doute de réduire la différence de coût entre la coelioscopie standard et la coelioscopie robotique et de lever le frein économique de son utilisation chez des chirurgiens déjà persuadés de sa supériorité.

L'encadrement de l'expérimentation animale est une nécessité car il permet de limiter les dérives et les abus pouvant être considérés comme de la maltraitance. Mais « il est évident pour nous qu'il n'est ni justifié ni acceptable, scientifiquement, éthiquement ou réglementairement, de passer directement chez l'homme sans phase préalable de formation, caractérisation, d'efficacité et d'innocuité sur des modèles animaux. » (38)

L'Intelligence Artificielle va permettre dans les prochaines années d'améliorer les simulateurs de chirurgie et va devenir de plus en plus présente dans le monde de la santé et de la formation médicale.

#### **4.5. Conclusion**

" Instaurer une double formation en chirurgie robotique est désormais une nécessité : d'une part l'apprentissage de l'anatomie opératoire et de la laparoscopie, et d'autre part l'initiation au maniement des robots, nouveaux arrivants de nos blocs opératoires " (39) La délivrance d'un " permis robot " par le constructeur, malgré la grande qualité des formateurs n'est pas éthiquement concevable. Il ne peut prétendre seule à apporter une maîtrise du robot et un entraînement suffisant pour une utilisation clinique respectant les principes de bienfaisance et de non-malfaisance. Les sociétés savantes et les universités se doivent de proposer une formation de qualité, conclue par une certification, validée selon une grille commune aux centres de formation en respectant les bonnes pratiques de l'expérimentation animale et en prenant en compte l'explosion technologique liée à l'intelligence artificielle.

## **5. EXPÉRIMENTATION ANIMALE : UNE ÉTAPE ENCORE NÉCESSAIRE MAIS PAS DE N'IMPORTE QUELLE FAÇON**

L'expérimentation animale est très ancienne mais elle a connu son plein essor au XIX siècle grâce au physiologiste français Claude Bernard (1813-1878) et son professeur, François Magendie (1783-1855). Ils ont dirigé des expériences sur les animaux à grande échelle, y compris dans le domaine de la chirurgie et de l'utilisation de médicaments. « Magendie et Bernard ont tous deux jeté les bases de l'expérimentation animale et a contribué dans une large mesure à l'émergence du mouvement antivivisection » (40)

L'importance de l'expérimentation animale est fondamentale dans le domaine de la santé. La preuve en est la liste des travaux des lauréats des Prix Nobel de Médecine et de Physiologie. Entre 1901 et 2002, la plus prestigieuse distinction scientifique a été attribuée 68 fois à des chercheurs qui ont eu recours à l'expérimentation animale au cours de leurs recherches.

L'animal a obtenu le statut d'« être sensible » ce qui nécessite le respect et l'épargne de la souffrance animale. (41)

Nombreuses sociétés savantes internationales de renom dont l'Académie de Recherche Chirurgicale se sont penchées sur la nécessité d'encadrer l'expérimentation animale en particulier la formation du personnel. De leurs travaux de réflexion, les « Lignes directives pour la formation en recherche chirurgicale chez l'animal » ont été éditées. Ces recommandations précisent que : « Les enquêteurs, personnel technique, stagiaires qui pratiquent l'anesthésie animale, la chirurgie ou d'autres manipulations expérimentales doivent être qualifiées. Une formation pour accomplir ces tâches d'une manière humaine et scientifiquement acceptable est indispensable. (42)

En Europe, les principes applicables à l'expérimentation animale sont définis par une directive européenne de 1986, réactualisée en 2010, par la directive européenne 2010/63/EU du Parlement européen et du Conseil, du 22 septembre 2010, relative à la protection des animaux utilisés à des fins scientifiques. Elles fixent le cadre européen de l'expérimentation animale.

Philosophiquement, elles s'appuient sur la règle des 3 R établie par deux scientifiques britanniques en 1959 : W.M.S. Russell et R.L. Burch dans leur ouvrage « The Principles of Human Experimental Technique ».(34)

Remplacer : le recours à l'animal par des méthodes in vitro ou in silico chaque fois que cela est possible avec le développement de techniques substitutives

Réduire : le nombre d'animaux utilisés au minimum indispensable en réduisant les répétitions inutiles

Raffiner : optimiser et améliorer les conditions de vie des animaux et celles de la pratique expérimentale dans l'objectif du respect de l'animal par l'amélioration des techniques opératoires, la réduction de la souffrance et le stress de l'animal.

Certains auteurs rajoutent même un quatrième R :

Réhabiliter : les animaux après l'expérience, quand c'est possible et leur offrir une deuxième vie

En France, en application du Code Rural et des directives européennes, la Commission Nationale de l'Expérimentation animale (CNEA) a été instaurée par le décret 87-848 du 18 octobre 1987. Elle permet « d'assurer en ce qui concerne les animaux utilisés à des fins expérimentales ou à d'autres fins scientifiques, l'harmonisation des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres [...] de manière à éviter qu'il ne soit porté atteinte à l'établissement et au fonctionnement du marché commun, notamment par des distorsions de concurrence ou des entraves aux échanges ». Parmi les missions assignées à la CNEA figure « l'examen des formations des personnes appelées à utiliser des animaux à des fins scientifiques et expérimentales et celle des techniciens de laboratoire ».

Créé par décret en 2005, le Comité National de Réflexion Ethique sur l'Expérimentation Animale (CNREEA), partenaire de la CNEA, a été créé. « Sa mission était d'écrire la charte nationale d'éthique en expérimentation animale. Au démarrage, son but était d'harmoniser le travail de comités d'éthique qui s'étaient créés séparément, car à l'époque, la réglementation française ne les rendait pas obligatoires » Pr. Hélène Combrisson, professeure émérite à l'école vétérinaire d'Alfort, présidente de la Commission Nationale de l'Expérimentation Animale. Le rôle fondamental d'un comité d'éthique en expérimentation animale est de « délivrer un avis à tout chercheur, préalablement à l'expérimentation qu'il projette d'entreprendre ».

sur l'animal dans le respect des principes énoncés dans la présente Charte. Ces avis sont motivés et peuvent être assortis de recommandations. [...] Chaque comité d'éthique doit participer à la promotion des principes éthiques concernant l'expérimentation animale ». (43)

Le respect de ces règles de bonne conduite concernant l'expérimentation animale, est soutenu par de nombreuses associations comme le Groupe Interprofessionnel de Réflexion et de Communication sur la Recherche (GRICOR), créée en 1992 à l'initiative d'Hubert Curien, alors ministre de la recherche. Il a pour rôle d'informer le grand public sur la réalité du terrain en matière d'expérimentation animale.

Pour s'assurer de la bonne application du respect animal, L'AAALAC (Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care international – Association internationale pour l'évaluation et l'accréditation du traitement des animaux de laboratoire) a vu le jour en 1965. C'est une organisation internationale indépendante, qui évolue les programmes de recherche qui se sont portés volontaires, visite les sites tous les trois ans, et présente un rapport d'activité annuel sur les améliorations en matière de bien-être des animaux et de sécurité du personnel. (38)



Preuve que l'expérimentation animale soulève une réflexion éthique intense, le Sénat par l'intermédiaire de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques" (OPECST) a réalisé en mars 2019 un nouveau rapport sur l'utilisation des animaux en recherche et sur les alternatives à l'expérimentation animale pour actualiser et vérifier les avancés dans le domaine depuis son premier rapport en 2009.

« Il est évident pour nous qu'il n'est ni justifié ni acceptable, scientifiquement, éthiquement ou réglementairement, de passer directement aux essais chez l'homme sans phase préalable de formation, caractérisation, d'efficacité et d'innocuité sur des modèles animaux. » (38)

Pour revenir au cœur de la problématique de notre article, il devient de plus en plus indispensable de prendre soin à la façon dont nous utilisons l'expérimentation animale dans nos formations de chirurgie en particulier les nouvelles techniques robotiques.

L'utilisation d'animaux de laboratoire peut encore être justifiée aujourd'hui dans les domaines de recherche suivants : recherche fondamentale, utilisation des animaux comme modèles de maladies humaines, recherche et développement pharmaceutiques, tests de toxicité, formation ou simulation des compétences en ingénierie et en chirurgie. (44)

En effet, il existe des limites inhérentes à l'utilisation d'alternatives comme l'étude in vitro, les essais cliniques sur simulation par ordinateur.

« Ces derniers temps, il a été constaté que l'utilisation d'animaux de laboratoire est indispensable pour l'ingénierie ou l'enseignement de nouvelles compétences chirurgicales comme la laparoscopie ou procédures robotiques. Ces nouvelles techniques ont une courbe d'apprentissage abrupte. Les formateurs ont constaté que l'utilisation des modèles inanimés et animés ont raccourci les courbes d'apprentissage. » (44)

Mais dans l'optique du respect de la règle des 3 R de l'expérimentation animale, il faut adapter nos programmes de formations.

- Remplacer : le début de la formation doit se faire sur des supports inanimés (simulateurs, réalité augmentée, jeux sérieux, wet lab)
- Réduire : le fait de commencer sa formation par des modèles inanimés permet de réduire le nombre d'animaux utilisés. L'utilisation des animaux dans le cadre de la formation en chirurgie ne devrait être réalisée qu'à la fin de la progression du stagiaire, au moment où les simulateurs ne peuvent plus être assez proches de la vraie vie et que le stagiaire a déjà acquis une expérience technique. L'apport de la chirurgie sur l'animal est important car elle confronte le stagiaire aux réactions du vivant (saignement, battement du cœur et des vaisseaux, mouvements liés à la respiration). La chirurgie sur l'animal doit être le dernier maillon de la chaîne de formation du stagiaire, juste avant le passage à l'humain. Pour réduire le nombre d'animaux utilisés, les formations doivent être organisées en groupe pour pouvoir mutualiser un animal (par exemple un binôme sur un cochon anesthésié). Si l'animal doit être euthanasié, il est important de pouvoir garder une partie de l'animal, ce qui permettra aux stagiaires suivants, à un stade moins avancé de leur formation, de s'entraîner sans nécessité d'avoir recours à un nouvel animal. (suture sur pied de cochon).
- Raffiner : l'expérimentation animale doit se faire au sein d'une structure accréditée par le CNREEA, gage du bon respect de l'ensemble de la Charte Nationale portant sur l'éthique de l'expérimentation animale. Avoir une animalerie respectant le cahier des charges minimum pour le bien-être des animaux (taille des box, conditions d'ambiance, origine spécialisée des animaux, ...) et du personnel spécifiquement formé à l'expérimentation animale et à la gestion de la douleur péri opératoire sont deux éléments clés.

## **6. L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : LE PROCHAIN DÉFI À PRENDRE EN COMPTE DANS LE DÉVELOPPEMENT DE LA ROBOTIQUE**

### **6.1. L'Intelligence Artificielle dans la société**

La question n'est plus est ce que l'IA aura un impact dans notre société mais plutôt par qui, comment, où et quand cet impact positif ou négatif se fera sentir.

Comme le Parlement européen le précise dans de nombreux rapports : « L'humanité est au seuil d'une ère où la sophistication est de plus en plus poussée. Les robots, androïdes et autres manifestations de l'IA semblent être prêts à déclencher une nouvelle révolution industrielle, qui ne laissera aucune couche de la société intacte. Le développement de la robotique et de l'IA pose des problèmes juridiques et éthiques qui nécessitent une intervention rapide au niveau de l'UE ». (45)

Pour accompagner l'explosion de l'intelligence artificielle, plusieurs projets ont vu le jour pour essayer de fixer de nouvelles règles pour encadrer les interactions robot/humain et robot/robot et aider au développement d'une intelligence artificielle dans le respect des principes éthiques. (46)

L'AionAI est un ensemble de loi créant des fondements éthiques et juridiques pour répondre à des questions comme :

- comment les robots artificiellement intelligents devraient-ils interagir ensemble ?
- que faire leur d'un conflit entre ces robots et la société humaine ?

« L'adoption finale d'une loi de AionAI offre non seulement des conseils pour l'avenir de la robotique et de l'intelligence artificielle mais offre également une réflexion profonde et bénéfique sur les principes justes et équitables de la société humaine » (47)

Devant la montée des craintes de la population pour garder la confiance du public (48) , il est important d'encadrer la recherche et développement des robots et d'intégrer cette réflexion philosophique et éthique dès la conception des logiciels intégrés dans nos robots intelligents pour ne pas devoir courir après nos monstres. C'est ce que l'on appelle l'éthic by design.



Pour s'adapter à l'évolution technologique en robotique en particulier avec l'essor de l'intelligence artificielle, le Professeur Laurence Devillers propose de compléter les lois d'Asimov par des commandements qui intégrerait :(49)

- la préservation des données privées : « Tu ne divulgueras pas mes données à n'importe qui »
- le droit à l'oubli : « Tu oublieras tout ce que je te demande d'oublier »)
- le droit à la déconnection : « Tu pourras te déconnecter d'Internet si je te le demande »
- l'obligation de contrôle : « Tu seras régulièrement contrôlé pour évaluer ce que tu as appris »

En 2018, le projet AI4People a été lancé au Parlement européen, a permis la création d'un groupe d'experts de haut niveau sur l'intelligence artificielle (IA). « Avec une feuille de route de trois ans, l'objectif d'AI4People était de créer un espace public commun pour exposer les politiques, pratiques et principes fondateurs sur lesquels construire une “ bonne société de l'IA “ ». (50)

Dans ces travaux, la reprise de 5 principes de bioéthique permet de donner un cadre du développement de l'IA.

- Bienfaisance :  
L'IA doit\_avoir comme objectifs principaux la promotion du bien-être humain et la protection de la planète
- Non malfaisance :  
La confidentialité et la sécurité des données personnelles sont deux principes importants à respecter pour ne pas nuire aux utilisateurs. « Une réflexion est nécessaire lors de l'élaboration des algorithmes de l'IA pour éviter que des préjudices ne surviennent, que ce soit par un abus volontaire de l'homme ou par un comportement imprévu des machines. » (50)

- Autonomie :

Le paradoxe concernant ce principe est quand adoptant l'IA, nous avons volontairement cédé une partie de notre pouvoir de décision aux machines. Ainsi, affirmer le principe de l'autonomie dans le contexte de l'IA signifie trouver un équilibre entre le pouvoir de décision que nous conservons pour nous et ce que nous déléguons à des agents artificiels.(50)

Les humains devraient toujours conserver le pouvoir de choisir « quelles décisions prendre », en exerçant la liberté si nécessaire de récupérer le contrôle de la machine.

L'exemple de la voiture autonome est un exemple typique de l'équilibre que l'on doit trouver entre l'autonomie de la machine qui prend des décisions selon des règles algorithmiques qui lui ont été apprises et la nécessité pour le conducteur de pouvoir récupérer le contrôle du véhicule en cas de problème ou de désaccord avec la commande artificielle.(50)

Avec le développement de l'autonomie robotique, l'utilisation de boîtes noires pour les robots permettrait une amélioration de la compréhension de la courbe d'apprentissage, une compréhension des défaillances et pourra servir de preuves en cas de litige.

- Justice :

L'IA devra permettre de corriger les injustices du passé en particulier les discriminations. Il faudra veiller que les avantages créés par l'IA soient partagés pour ne pas créer de nouvelles injustices en augmentant l'avance des pays développés et en fragilisant ceux en développement.

- Explicabilité :

Il s'agit du 5ème principe de bioéthique qui a été créé avec l'explosion de l'IA.

Ce nouveau concept correspond au fait que la machine doit pouvoir nous expliquer les raisons de ses actes : « Pourquoi a-t-elle choisi de faire ce geste ? Pourquoi a-t-elle pris cette décision ? Il est légitime de vouloir comprendre comment raisonnent les IA qui nous entourent, surtout lorsqu'elles ont un aussi grand pouvoir ». (50)

L'explicabilité fait partie du domaine du machine Learning qui vise à justifier de la façon la plus précise possible un résultat donné par un modèle algorithmique.

L'explicabilité est un outil essentiel pour renforcer la confiance et la compréhension du public dans la technologie.

En janvier 2016, un rapport publié par la Fédéral Trade Commission nous expliquait que les algorithmes basés sur le big data à tendance à “reproduire des schémas de discrimination existants”. “ Les logiciels d’IA héritent des préjugés des décideurs, ou reflètent simplement les préjugés répandus qui persistent dans la société ”.

Pour aider les roboticiens à coller au plus proche des préjugés de la société, nous pouvons encourager la participation du public au processus de conception. « Il est particulièrement important d’impliquer les segments de la population les plus susceptibles d’être directement touchés par cette technologie. Ceci est crucial car la communauté robotique ne doit pas assumer seule que ses choix de conception correspondront pleinement aux préférences du public ».(51)

Dans cet optique, Edmond Awad et son équipe ont développée “ la machine morale”(52). Il s’agit d’une plateforme expérimentale en ligne conçue pour explorer les dilemmes moraux auxquels sont confrontés les véhicules autonomes. Cette plateforme a rassemblé 40 millions de décisions en dix langues, concernant des millions de personnes dans 233 pays et territoires.

Cette expérience unique a permis de montrer que les réponses sont fortement corrélées aux variations culturelles et économiques entre les pays. Trois clusters se sont dessinés : un cluster occidental (Amérique du Nord et Europe principalement), un cluster oriental (Pays d’Extrême Orient et Asie dont le Japon) et un cluster méridional (Amérique Centrale et Amérique du Sud).

Trois tendances fortes ont émergé de cette expérience et pourront servir de base de discussions sur l’éthique de la voiture autonome :

- la préférence pour épargner une vie humaine versus un animal
- la préférence pour épargner le plus de vies possibles
- la préférence pour épargner les personnes les plus jeunes

« En appliquant le principe d’explicabilité, les roboticiens invitent les robots à documenter leur raisonnement et permet d’examiner la logique du robot avec un œil critique pour identifier les biais, ou d’autres défauts, avant que le robot ne s’engage sur une décision. L’objectif final est de trouver des stratégies qui pourraient être utilisées pour atténuer ou prévenir les biais dans les futurs robots. » (51)

## **6.2. L'Intelligence Artificielle dans le domaine de la santé**

Nombreux sont les domaines de la santé qui ont et qui vont bénéficier de l'intelligence artificielle. Néanmoins c'est dans le domaine de l'interaction sociale que l'IA a connu son plus gros développement. Citons l'exemple de PARO venu du Japon, qui est un robot socioéducatif dédié aux patients atteints de troubles du comportement et de la communication dont la maladie d'Alzheimer. Avec sa forme de phoque et ses multiples capteurs et moteurs, il permet la réduction des émotions négatives et des troubles du comportement, l'amélioration de l'échange social. (53)

PARO présente aussi les avantages reconnus de la zoothérapie (baisse de la pression sanguine, du rythme cardiaque, de la tension musculaire, réduction du stress et de l'anxiété, prévention de dépression, augmentation de la confiance et des interactions sociales, amélioration de la qualité de vie...) sans en apporter les inconvénients (anxiété due au risque de griffure ou morsure, allergies, hygiène, maltraitance éventuelle des animaux).

La robotique sociale est aussi présente dans le domaine de la prise en charge des maladies mentales (54), dans l'aide au nursing des patients (55) et dans le domaine de la sexualité (56). Cela est regroupé sous le terme « affective computing ».

La robotique sociale va continuer à avoir un développement important dans les prochaines années car les compétences techniques sont déjà disponibles et la nécessité d'accompagner une population grandissante de patient atteints de maladie neurodégénératives (telles que maladie d'Alzheimer, maladie de Parkinson) est réelle.

L'accompagnement du vieillissement de la population dans les pays occidentaux sera un moteur pour la création de système robotisé dans le domaine de la santé en particulier pour lutter contre l'isolement social et la perte de mobilité.

Comme nous l'explique Bernd Stahl, professeur de recherche technologique à l'Université de Montfort, Leicester, Royaume-Uni (36) , « L'IA aura un grand impact sur le diagnostic et les soins de santé personnalisés, mais il persistera une résistance parmi les professionnels de soins de santé envers les systèmes autonomes . Les systèmes informatiques devront seulement faciliter et aiguiller les décisions des médecins, de sorte que le médecin reste toujours responsable ».

En chirurgie, l'implantation de l'intelligence artificielle au sein d'un robot totalement autonome est au début de son développement. Poussée par le secteur militaire, l'enjeu de la chirurgie robotique autonome est important. Pouvoir opérer un soldat blessé sur un terrain d'opération sans prendre de risque pour l'équipe médicale est un des objectifs.

Avant que la société soit prête à une prise en charge par un robot 100 % autonome le chemin est encore long.

Mais l'IA a déjà trouvé sa place dans certaines équipes avec l'utilisation de robot autonome pour la réalisation d'autopsie virtuelle (virtopsie) qui permet d'associer un examen clinique externe complet, une imagerie performante (scanner ou IRM) à un dispositif automatique de biopsies guidées par l'IA. (57)

Les travaux sur ces autopsies automatiques pourraient être une phase de test et d'apprentissage pour le développement d'algorithmes capable de réaliser des gestes chirurgicaux plus complexes chez des personnes vivantes. (58)

L'automatisation de certains gestes avec l'IA aurait le potentiel de protéger le personnel médical contre les infections transmissibles. « Les procédures endoscopiques robotisées autonomes ou assistées par machine Learning améliorées seraient particulièrement souhaitables et bénéfiques chez les patients présentant des agents pathogènes à haut risque » (59) pour protéger les soignants. Cette situation a déjà été imaginée pendant la période du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) entre 2002 et 2003 et ces procédures endoscopiques robotisées pourraient retrouver une utilité au cours de cette période de pandémie à Corona virus Covid 19.

Par conséquent, « aider nos apprenants à maîtriser ces nouvelles technologies sans sacrifier leur capacité à se connecter avec leurs patients sera sans aucun doute l'un des grands défis de l'éducation de la prochaine génération de médecins. » (35)

## 7. CONCLUSION

La formation en chirurgie robotique devrait répondre à un programme standardisé avec des items de compétences à valider comme c'est déjà le cas en chirurgie coelioscopique. Aux États Unis, la conférence de consensus FRS (Fundamentals of Robotic Surgery) a défini une liste de 25 items fondamentaux en chirurgie robotique (60)

Dans l'optique d'une meilleure qualité de soins apportés aux patients, il est du rôle des sociétés savantes et des universités d'encadrer l'enseignement et l'évaluation des utilisateurs de cette nouvelle technologie qu'est la chirurgie robotique (61) à l'échelle internationale pour raccourcir la courbe d'apprentissage sans compromettre la sécurité des patients et permettre une évaluation et une certification des chirurgiens.(62,63)

Plusieurs équipes ont déjà proposé des programmes de formation et d'accréditation dans la littérature scientifique. En utilisant tous les éléments mis à disposition que sont les cours théoriques en e-learning, des simulateurs virtuels type dV Trainer, la simulation animale ou cadavérique, le team training, du mentoring, une formation et une évaluation de qualité peuvent être réalisées dans les écoles de chirurgie.(64–67)

Une des dernières pistes pour enrichir ces programmes de formation est l'utilisation de l'imagerie motrice. Concept issu de la neurophysiologie, l'imagerie motrice est le fait d'imaginer un mouvement ou un geste technique sans manifestation physique. N Raison et son équipe ont montré que réaliser des exercices d'imagerie motrice (répéter dans son imagination le geste chirurgical à réaliser) permettait d'améliorer la performance technique par rapport à la seule utilisation de simulateurs.(68)

Une formation trop courte n'est pas suffisante. Par exemple, après une préparation en e-learning, il a été proposé à de jeunes internes en chirurgie lors d'une conférence de l'Association Néerlandaise de chirurgie endoscopique de participer à une formation pratique d'une seule journée. Les internes ont pu apprendre la configuration des robots et réaliser des exercices pratiques sur les simulateurs de robots de réalité virtuelle. Il leur a été demandé de remplir plusieurs questionnaires en particulier d'autoévaluation sur leurs compétences en chirurgie robotique.

Alexandre. J. W. Beulens a démontré statistiquement qu'au terme de cette journée, les participants avaient une mauvaise auto-évaluation de leurs compétences et des lacunes importantes dans les connaissances et dans une utilisation sûre du robot chirurgical. (69)

Dans la perspective du respect du principe de non-malfaisance et d'autonomie, un certificat de la qualité de la formation initiale de son chirurgien serait un gage de qualité pour le patient (70). Cette certification universitaire initiale pourra être complétée au fur et à mesure de la progression du chirurgien sous la forme de ré-certification. Grâce à la double console permettant un proctoring et un compagnonnage au bloc opératoire selon le modèle selon Halsted (71) « je vois, je fais, j'enseigne », aux interventions en live et des congrès de sociétés savantes, le chirurgien va pouvoir terminer sa courbe d'apprentissage en toute sécurité pour le patient.

Une évaluation faite uniquement par les équipes dépendantes d'Intuitive Surgical, pourrait présenter un conflit d'intérêt car s'ils jugent que le chirurgien stagiaire n'a pas les compétences pour utiliser le robot, l'établissement de ce dernier n'en n'achètera pas ou utilisera moins de consommable. Compte tenu de cette observation, il est peu probable qu'un stagiaire se fasse invalider lors de son évaluation.

JL Husson dans sa réflexion éthique (72) sur le progrès en matière chirurgicale nous informe que le rôle du chirurgien n'est plus seulement de garantir la dignité du patient par le recueil de son consentement libre et éclairé mais il doit désormais assumer la protection de ses droits, en échangeant avec des juristes et philosophes, en cherchant à réduire la « fracture éthique » générée par l'irruption de techniques potentiellement déshumanisantes dans la relation médecin – malade (73).

Les technologies de la robotique et de la simulation chirurgicale sont d'ores et déjà partie intégrante de notre quotidien de chirurgien. De nombreux travaux de recherches sont en cours pour aller encore plus loin en utilisant la réalité augmentée voire l'intelligence artificielle. L'émergence de l'intelligence artificielle en chirurgie va encore aller plus loin dans les réflexions éthiques car l'outil robotique pourrait acquérir une partie d'autonomie qu'il ne possède pas encore. Comment va réagir le chirurgien quand le robot va lui proposer une méthode chirurgicale différente à celle qu'il avait imaginée, en se basant sur l'analyse des données mondiales centralisées dans une énorme base de données. (74)

La réflexion éthique que nous avons à travers l'analyse de la formation et l'utilisation de la chirurgie robotique n'est qu'une infime partie de la réflexion éthique concernant les robots dans la société civile. Ainsi la nouvelle cohabitation entre robot d'aide à la personne et

humains ou le développement de surhommes augmentés par des exosquelettes ou l'avènement de la voiture autonome ne sont que le début d'une grande réflexion pour les membres de la CERNA (Commission de réflexion sur l'Éthique de la Recherche en sciences et technologies du Numérique d'Allistène) et la COMEST (Commission Mondiale d'Éthique des connaissances Scientifiques et des Technologies).



## BIBLIOGRAPHIE

1. Iosa M, Morone G, Cherubini A, Paolucci S. The Three Laws of Neurorobotics: A Review on What Neurorehabilitation Robots Should Do for Patients and Clinicians. *J Med Biol Eng.* févr 2016;36(1):1-11.
2. Van Wynsberghe A, Donhauser J. The Dawning of the Ethics of Environmental Robots. *Sci Eng Ethics.* déc 2018;24(6):1777-800.
3. Rapport CERNA sur l'éthique en recherche robotique, 2014.
4. Rapport COMEST octobre 2017.
5. N Nevejeans, *Traité de Droit et d'Éthique de la Robotique Civile*, LEH édition, 2018.
6. J Hubert, *Chirurgie urologique assistée par robot : principes généraux, EMC , techniques chirurgicales*, 2007.
7. Satava RM. Laparoscopic surgery, robots, and surgical simulation: Moral and ethical issues. *Semin Laparosc Surg.* déc 2002;9(4):230-8.
8. Phillippe Marre, *Compte rendu de la réunion d'expert en chirurgie robotique, académie nationale de chirurgie*, novembre 2015.
9. J.Hubert, *Simulation chirurgicale ( dv-Trainer ) et formation chirurgicale robotique, e-mémoires de l'Académie nationale de Chirurgie*, 2012.
10. R.Nowak, *Les modèles d'animaux de ferme utilisés en chirurgie expérimentale: intérêt et contraintes, aspects éthiques, Bulletin Académie Vétérinaire de France*, Tome 161, 2008.
11. Geiger JD, Hirschl RB. Innovation in surgical technology and techniques: Challenges and ethical issues. *Semin Pediatr Surg.* juin 2015;24(3):115-21.
12. Siqueira-Batista R, Souza CR, Maia PM, Siqueira SL. Robotic surgery: bioethical aspects. *Arq Bras Cir Dig.* 2016 Nov-Dec;29(4):287-290
13. Caillol M. Entre la violence nécessaire de l'acte chirurgical et le respect de l'opéré. *Éthique Santé.* déc 2014;11(4):202-8.

14. Palmerini E, Bertolini A, Battaglia F, Koops B-J, Carnevale A, Salvini P. RoboLaw: Towards a European framework for robotics regulation. *Robot Auton Syst.* déc 2016;86:78-85.
15. Achit H, Guillemain F, Karam G, Ladrière M, Baumann C, Frimat L, et al. Cost-effectiveness of four living-donor nephrectomy techniques from a hospital perspective. *Nephrol Dial Transplant.* 3 août 2019;gfz143.
16. Angelos P. Can robotic approaches be justified for the benefit of surgeons? *Surgery.* mars 2017;161(3):639-40.
17. Marçon B, Ngueyon Sime W, Guillemain F, Hubert N, Lagrange F, Huselstein C, et al. An Ergonomic Assessment Of Four Different Donor Nephrectomy Approaches For The Surgeons And Their Assistants. *Res Rep Urol.* sept 2019;Volume 11:261-8.
18. Rapport HAS, Évaluation des dimensions clinique et organisationnelle de la chirurgie robot- assistée dans le cadre d'une prostatectomie totale, novembre 2016.
19. Guru KA, Kuvshinoff BW, Pavlov-Shapiro S, Bienko MB, Aftab MN, Brady WE, et al. Impact of Robotics and Laparoscopy on Surgical Skills: A Comparative Study. *J Am Coll Surg.* janv 2007;204(1):96-101.
20. White HN. Learning Curve for Transoral Robotic SurgeryA 4-Year AnalysisLearning Curve for Transoral Robotic Surgery. *JAMA Otolaryngol Neck Surg.* 16 mai 2013;1.
21. Park JS, Choi G-S, Lim KH, Jang YS, Jun SH. Robotic-Assisted versus Laparoscopic Surgery for Low Rectal Cancer : Case-Matched Analysis of Short-Term Outcomes. *Ann Surg Oncol.* déc 2010;17(12):3195-202.
22. S. Ardiot, Rapport ANSM, bilan de l'enquête concernant les robots chirurgicaux Da Vinci de la société Intuitive Surgical, février 2014.
23. Faessel, énoncé de la CCA de Lyon,6 eme Chambre, septembre 2016.
24. Hubert J, Kun Y, Perrenot C, Gangemi A, Stifelman M, Gluszak P, et al. Validité et courbe d'apprentissage du simulateur de chirurgie robotique dV-Trainer® : résultats de l'étude multicentrique internationale MED-FRS. *Prog En Urol.* nov 2013;23(13):1080.
25. Larson JA, Johnson MH, Bhayani SB. Application of Surgical Safety Standards to Robotic Surgery: Five Principles of Ethics for Nonmaleficence. *J Am Coll Surg.* févr 2014;218(2):290-3.

26. Patel SV, Yu D, Elsolh B, Goldacre BM, Nash GM. Assessment of Conflicts of Interest in Robotic Surgical Studies: Validating Author's Declarations With the Open Payments Database. *Ann Surg.* juill 2018;268(1):86-92.
27. Jimbo M, Granberg CF, Osumah TS, Bandari J, Cannon GM, Routh JC, et al. Discrepancies in Self-Reported and Actual Conflicts of Interest for Robotic Pediatric Urological Surgery. *J Urol.* févr 2019;201(2):393-9.
28. Criss CN, MacEachern MP, Matusko N, Dimick JB, Maggard-Gibbons M, Gadepalli SK. The Impact of Corporate Payments on Robotic Surgery Research: A Systematic Review. *Ann Surg.* mars 2019;269(3):389-96.
29. Martinson BC, Anderson MS, de Vries R. Scientists behaving badly. *Nature.* juin 2005;435(7043):737-8.
30. Vivian E Strong, Ethical Considerations Regarding the Implementation of New Technologies and Techniques in Surgery, SAGES Publication April 2014.
31. Zorn KC, Gautam G, Shalhav AL, Clayman RV, Ahlering TE, Albala DM, et al. Training, Credentialing, Proctoring and Medicolegal Risks of Robotic Urological Surgery: Recommendations of the Society of Urologic Robotic Surgeons. *J Urol.* sept 2009;182(3):1126-32.
32. Beauchamp TL, Childless JF. Principles of Biomedical Ethics: *Int Clin Psychopharmacol.* 1991;6(2):129-30.
33. Annual Report 2019 Intuitive Surgical, Inc. [www.intuitive.com](http://www.intuitive.com). In.
34. W.M.S. Russell et R.L. Burch, *The Principles of Humane Experimental Technique* - , Johns Hopkins University, 1956.
35. Van der Niet AG, Bleakley A. Where Medical Education Meets Artificial Intelligence: "Does Technology Care?" *Med Educ.* 20 févr 2020;medu.14131.
36. Banks J. The Human Touch: Practical and Ethical Implications of Putting AI and Robotics to Work for Patients. *IEEE Pulse.* mai 2018;9(3):15-8.
37. Académie nationale de Chirurgie, Formation pratique des chirurgiens se destinant à l'utilisation des robots, novembre 2015.

38. Villani MC. Compte rendu de l'audition publique du 17 janvier 2019 et de la présentation des conclusions du 21 mars 2019. :99.
39. J. Bady, Des robots et des hommes , La lettre du gynécologue numéro 365, octobre 201.
40. Bishop LJ, Nolen AL. Animals in Research and Education: Ethical Issues. Kennedy Inst Ethics J. 2001;11(1):91-112.
41. Article 9 de la Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature.
42. Academy of Surgical Research. Guidelines for Training in Surgical Research with Animals. J Invest Surg. janv 2009;22(3):218-25.
43. Charte nationale portant sur l'éthique de l'expérimentation animale, Bull Académie Vét Fr. 2008;(1):467.
44. Kehinde EO. They See a Rat, We Seek a Cure for Diseases: The Current Status of Animal Experimentation in Medical Practice. Med Princ Pract. 2013;22(s1):52-61.
45. Steil J, Finas D, Beck S, Manzeschke A, Haux R. Robotic Systems in Operating Theaters: New Forms of Team–Machine Interaction in Health Care: On Challenges for Health Information Systems on Adequately Considering Hybrid Action of Humans and Machines. Methods Inf Med. juin 2019;58(S 01):e14-25.
46. Gordon J-S. Building Moral Robots : Ethical Pitfalls and Challenges. Sci Eng Ethics. févr 2020;26(1):141-57.
47. Ashrafian H. AIonAI: A Humanitarian Law of Artificial Intelligence and Robotics. Sci Eng Ethics. févr 2015;21(1):29-40.
48. Winfield AFT, Jirotko M. Ethical governance is essential to building trust in robotics and artificial intelligence systems. Philos Trans R Soc Math Phys Eng Sci. 28 nov 2018;376(2133):20180085.
49. Devillers L. Des robots affectifs et sociaux pour le soin, enjeux et problématiques éthiques. Soins. nov 2018;63(830):57-60.
50. Floridi L, Cowls J, Beltrametti M, Chatila R, Chazerand P, Dignum V, et al. AI4People—An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. Minds Mach. déc 2018;28(4):689-707.

51. Howard A, Borenstein J. The Ugly Truth About Ourselves and Our Robot Creations: The Problem of Bias and Social Inequity. *Sci Eng Ethics*. oct 2018;24(5):1521-36.
52. Awad E, Dsouza S, Kim R, Schulz J, Henrich J, Shariff A, et al. The Moral Machine experiment. *Nature*. nov 2018;563(7729):59-64.
53. Hung L, Liu C, Woldum E, Au-Yeung A, Berndt A, Wallsworth C, et al. The benefits of and barriers to using a social robot PARO in care settings: a scoping review. *BMC Geriatr*. déc 2019;19(1):232.
54. Fiske A, Henningsen P, Buyx A. Your Robot Therapist Will See You Now: Ethical Implications of Embodied Artificial Intelligence in Psychiatry, Psychology, and Psychotherapy. *J Med Internet Res*. 9 mai 2019;21(5):e13216.
55. Maalouf N, Sidaoui A, Elhajj IH, Asmar D. Robotics in Nursing: A Scoping Review. *J Nurs Scholarsh*. nov 2018;50(6):590-600.
56. Cox-George C, Bewley S. I, Sex Robot : the health implications of the sex robot industry. *BMJ Sex Reprod Health*. juill 2018;44(3):161-4.
57. Ebert LC, Ptacek W, Breitbeck R, Fürst M, Kronreif G, Martinez RM, et al. Virtobot 2.0: the future of automated surface documentation and CT-guided needle placement in forensic medicine. *Forensic Sci Med Pathol*. juin 2014;10(2):179-86.
58. O'Sullivan S, Leonard S, Holzinger A, Allen C, Battaglia F, Nevejans N, et al. Anatomy 101 for AI-driven robotics: Explanatory, ethical and legal frameworks for development of cadaveric skills training standards in autonomous robotic surgery/autopsy. *Int J Med Robot*. 30 mai 2019;e2020.
59. O'Sullivan S, Nevejans N, Allen C, Blyth A, Leonard S, Pagallo U, et al. Legal, regulatory, and ethical frameworks for development of standards in artificial intelligence (AI) and autonomous robotic surgery. *Int J Med Robot*. févr 2019;15(1):e1968.
60. Perrenot C, Perez M. Les outils d'apprentissage en chirurgie robotique. *Oncologie*. mai 2016;18(5):277-86.
61. Richard F, Baulieux J, Jaeck D, Judet H. Rapport de l'Académie nationale de Chirurgie (2014). 2025;11.
62. Collins JW, Dell'Oglio P, Hung AJ, Brook NR. The Importance of Technical and Non-technical Skills in Robotic Surgery Training. *Eur Urol Focus*. sept 2018;4(5):674-6.

63. MacCraith E, Forde JC, Davis NF. Robotic simulation training for urological trainees: a comprehensive review on cost, merits and challenges. *J Robot Surg.* juin 2019;13(3):371-7.
64. Lee GI, Lee MR. Can a virtual reality surgical simulation training provide a self-driven and mentor-free skills learning? Investigation of the practical influence of the performance metrics from the virtual reality robotic surgery simulator on the skill learning and associated cognitive workloads. *Surg Endosc.* janv 2018;32(1):62-72.
65. Dulan G, Rege RV, Hogg DC, Gilberg-Fisher KM, Arain NA, Tesfay ST, et al. Developing a comprehensive, proficiency-based training program for robotic surgery. *Surgery.* sept 2012;152(3):477-88.
66. Buchs NC, Pugin F, Volonté F, Morel P. Learning Tools and Simulation in Robotic Surgery: State of the Art. *World J Surg.* déc 2013;37(12):2812-9.
67. Erickson BK, Gleason JL, Huh WK, Richter HE. Survey of Robotic Surgery Credentialing Requirements for Physicians Completing OB/GYN Residency. *J Minim Invasive Gynecol.* sept 2012;19(5):589-92.
68. Raison N, Ahmed K, Abe T, Brunckhorst O, Novara G, Buffi N, et al. Cognitive training for technical and non-technical skills in robotic surgery: a randomised controlled trial. *BJU Int.* déc 2018;122(6):1075-81.
69. Beulens AlexanderJW, Brinkman WM, Porte PJ, Meijer RP, van Merriënboer JJG, Van der Poel HG, et al. The value of a 1-day multidisciplinary robot surgery training for novice robot surgeons. *J Robot Surg.* juin 2019;13(3):435-47.
70. Schreuder H, Wolswijk R, Zweemer R, Schijven M, Verheijen R. Training and learning robotic surgery, time for a more structured approach: a systematic review: Training and learning robotic surgery. *BJOG Int J Obstet Gynaecol.* janv 2012;119(2):137-49.
71. Du Pouget L, Nouhaud FX, Blah M, Defortescu G, Ndangang M, Grise P, et al. Intérêt du compagnonnage chirurgical durant la période d'apprentissage de la prostatectomie radicale robot-assistée. *Prog En Urol.* avr 2017;27(5):297-304.
72. Husson JL, Husson C. Individu et techniques innovantes, réflexion éthique sur le progrès technologique en matière chirurgicale. *Ann Chir.* mai 2002;127(5):323-6.

73. Beger HG, Arbogast R. The art of surgery in the 21st century : based on natural sciences and new ethical dimensions. *Langenbecks Arch Surg.* avr 2006;391(2):143-8.
74. Brian Earp , Machine Learning and Medical Education : Impending Conflicts in robotic Surgery, *Journal of Medical Ethics* blog, october 2017.

---

## RÉSUMÉ DE LA THÈSE

Depuis les années 2000, la chirurgie robotique est devenue une technique chirurgicale qui se développe dans de nombreux centres à travers le monde. En parallèle de cette ère d'innovation, et comme toutes nouvelles technologies, la question d'une formation se pose. L'évolution de notre société accompagnée de sa judiciarisation croissante, nous incite à acquérir une formation initiale de qualité et une évaluation des compétences qui prendrait la forme d'une certification ou d'un diplôme.

**Méthode :** Recherche dans PubMed les rubriques éthique, bioéthique, robotique, entraînement et chirurgie.

**Résultats :** 49 articles ont été sélectionnés pour élaborer une réflexion sur la robotique, en insistant sur son impact dans la santé en abordant les questions éthiques entourant la formation et l'utilisation de robot en chirurgie. La chirurgie robotique et son développement doivent intégrer les principes éthiques de bienfaisance, non malfaisance, d'autonomie et de justice en prenant compte des défis de demain que sont l'expérimentation animale et l'intelligence artificielle.

**Conclusion :** La chirurgie robotique est une réalité dans de nombreux établissements, ce qui rend indispensable la réflexion éthique sur la nécessité d'instaurer une formation initiale de qualité et une certification des compétences du chirurgien pour la sécurité des patients.

---

**TITRE EN ANGLAIS :** "Robotic Surgery and Its Ethical Issues: Current Challenges and Tomorrow's Challenges"

---

**THÈSE :** Médecine Spécialisée année 2020

---

**MOTS CLÉS :** chirurgie, éthique, robotique, formation, expérimentation animale, intelligence artificielle

---

## INTITULÉ ET ADRESSE

Université de Lorraine  
Faculté de Médecine de Nancy  
9, avenue de la Forêt de Haye  
54505 Vandoeuvre les Nancy Cedex

---