



HAL
open science

Impact médico-économique de la courbe d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires robot-assistées

Constance Le Gac

► **To cite this version:**

Constance Le Gac. Impact médico-économique de la courbe d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires robot-assistées. Sciences pharmaceutiques. 2018. dumas-01931103

HAL Id: dumas-01931103

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01931103>

Submitted on 22 Nov 2018

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

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

UNIVERSITÉ DE ROUEN NORMANDIE
UFR SANTÉ – Département PHARMACIE

Année 2018

N°

**MÉMOIRE DU DIPLÔME D'ÉTUDES SPÉCIALISÉES DE
PHARMACIE option PHARMACIE HOSPITALIÈRE –
PRATIQUE ET RECHERCHE**

Conformément aux dispositions de l'arrêté du 8 avril 2013 tenant lieu de

THÈSE

**pour le DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN
PHARMACIE**

Présentée et soutenue publiquement le 11 Septembre 2018

par

Constance LE GAC

Née le 15 Avril 1992 à Rouen

**Impact médico-économique de la courbe
d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires
robot-assistées**

Président du jury : **Pr Rémi VARIN**, Pharmacien, PU-PH, CHU de Rouen

Directeur de thèse : **Pr Jean-Marc BASTE**, Chirurgien thoracique, PU-PH, CHU de Rouen

Membres du jury : **Pr Gaël GRIMANDI**, Pharmacien, PU-PH, CHU de Nantes

Dr Marc LAURENT, Pharmacien, Praticien Hospitalier, CHU de Rouen

Dr Henri GONDÉ, Pharmacien, Assistant Spécialiste, CHU de Rouen

Remerciements

A Monsieur le Professeur Rémi Varin,

Pour m'avoir conseillée durant ces quatre années d'internat,
C'est un honneur de vous voir présider le jury de cette thèse,
Je vous exprime mon entière reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Jean-Marc Baste,

Pour la confiance que vous m'avez accordée en me proposant ce travail,
Pour votre engouement, vos encouragements et vos conseils,
Veuillez trouver ici mes sincères remerciements et ma plus grande reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Gaël Grimandi,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger ce travail,
Veuillez trouver ici le témoignage de ma sincère reconnaissance.

A Monsieur le Docteur Marc Laurent,

Pour avoir co-encadré cette thèse,
Pour tes précieux conseils et ton soutien pendant mon internat,
Je te remercie vivement pour tout ça.

A Monsieur le Docteur Henri Gondé,

Pour ta patience et tes très nombreux conseils,
Je suis fière d'être la première thèse que tu co-encadres,
Tu trouveras ici ma plus grande reconnaissance et toute ma gratitude.

Mes remerciements vont aussi,

Aux différentes équipes pharmaceutiques avec qui j'ai eu le plaisir de travailler pendant mon internat : A l'équipe de Becquerel qui m'a accueillie pour mon premier semestre avec tant de bienveillance, à l'équipe de la stérilisation du CHU, à l'équipe du CH du Havre, à l'équipe des rétrocessions, à l'équipe des Essais Cliniques, à l'équipe du CH du Rouvray et à l'équipe de la pharmacie du CHU avec qui j'aurai le plaisir de continuer à travailler.

A tous les pharmaciens m'ayant encadrée pendant mon internat, je vous remercie pour votre partage et vos enseignements.

Merci à Elise Morichon, à notre nouvelle collaboration, je vous exprime ma gratitude et mes sincères remerciements.

A mes amis, co-internes, assistants que j'ai eu la chance de rencontrer

Anaïs, Charlotte ma première co-interne, Damien, Henri, Marion C, Marie-Olivia, PP, Pierre, Tiphaine, Xavier, Jennifer, Anne-Fleur, Thibault et Johanna, Domitille, Isabelle, Elisa Marie, Jean, Baptiste, Vassili, Juliette, Melody, Julie...et tous ceux que j'oublie !

A l'équipe de l'informatisation pour m'avoir soutenue et supportée ces six derniers mois pendant la préparation de cette thèse.

Je remercie tout particulièrement Franckie pour son aide dans le recueil des données, André pour son aide dans la réalisation des statistiques de cette étude et Marie-Madeleine pour son temps et son partage de données.

A ma sœur Cécile,

Parce qu'on sait toutes les deux que je ne serai pas la même et surtout pas ici aujourd'hui sans toi...

A mes parents,

Pour tout ce que vous m'apportez depuis toujours,

Je vous dédie ce travail.

A Jean,

Pour ta bonne humeur permanente,

A ce que notre histoire nous réserve !

A la famille Soula, pour votre accueil chaleureux.

L'université de Rouen et l'UFR de Médecine et Pharmacie de Rouen n'entendent donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions sont propres à leurs auteurs.

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2017 – 2018

U.F.R. SANTE DE ROUEN

DOYEN : **Professeur Pierre FREGER**

ASSESEURS : **Professeur Michel GUERBET**

Professeur Benoit WEBER

Professeur Guillaume SAVOYE

I – MEDECINE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mr Frédéric ANSELME	HCN	Cardiologie
Mme Gisèle APTER	Havre	Pédopsychiatrie
Mme Isabelle AUQUIT AUCKBUR	HCN	Chirurgie plastique
Mr Fabrice BAUER	HCN	Cardiologie
Mme Soumeya BEKRI	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mr Ygal BENHAMOU	HCN	Médecine interne
Mr Jacques BENICHOU	HCN	Bio statistiques et informatique médicale
Mr Olivier BOYER	UFR	Immunologie
Mr François CARON	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Philippe CHASSAGNE (<i>détachement</i>)	HCN	Médecine interne (gériatrie) - Détachement
Mr Vincent COMPERE	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mr Jean-Nicolas CORNU	HCN	Urologie
Mr Antoine CUVELIER	HB	Pneumologie
Mr Pierre CZERNICHOW (<i>surnombre</i>)	HCH	Epidémiologie, économie de la santé
Mr Jean-Nicolas DACHER	HCN	Radiologie et imagerie médicale

Mr Stéfan DARMONI	HCN	Informatique médicale et techniques de communication
Mr Pierre DECHELOTTE	HCN	Nutrition
Mr Stéphane DERREY	HCN	Neurochirurgie
Mr Frédéric DI FIORE	CB	Cancérologie
Mr Fabien DOGUET	HCN	Chirurgie Cardio Vasculaire
Mr Jean DOUCET	SJ	Thérapeutique - Médecine interne et gériatrie
Mr Bernard DUBRAY	CB	Radiothérapie
Mr Philippe DUCROTTE	HCN	Hépto-gastro-entérologie
Mr Frank DUJARDIN	HCN	Chirurgie orthopédique - Traumatologique
Mr Fabrice DUPARC	HCN	Anatomie - Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mr Eric DURAND	HCN	Cardiologie
Mr Bertrand DUREUIL	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mme Hélène ELTCHANINOFF	HCN	Cardiologie
Mr Thierry FREBOURG	UFR	Génétique
Mr Pierre FREGER	HCN	Anatomie - Neurochirurgie
Mr Jean François GEHANNO	HCN	Médecine et santé au travail
Mr Emmanuel GERARDIN	HCN	Imagerie médicale
Mme Priscille GERARDIN	HCN	Pédopsychiatrie
Mr Guillaume GOURCEROL	HCN	Physiologie
Mr Michel GODIN (<i>surnombre</i>)	HB	Néphrologie
Mr Guillaume GOURCEROL	HCN	Physiologie
Mr Dominique GUERROT	HCN	Néphrologie
Mr Olivier GUILLIN	HCN	Psychiatrie Adultes
Mr Didier HANNEQUIN	HCN	Neurologie
Mr Fabrice JARDIN	CB	Hématologie
Mr Luc-Marie JOLY	HCN	Médecine d'urgence
Mr Pascal JOLY	HCN	Dermato – Vénérologie
Mme Bouchra LAMIA	Havre	Pneumologie
Mme Annie LAQUERRIERE	HCN	Anatomie et cytologie pathologiques
Mr Vincent LAUDENBACH	HCN	Anesthésie et réanimation chirurgicale
Mr Joël LECHEVALLIER	HCN	Chirurgie infantile
Mr Hervé LEFEBVRE	HB	Endocrinologie et maladies métaboliques
Mr Thierry LEQUERRE	HB	Rhumatologie
Mme Anne-Marie LEROI	HCN	Physiologie
Mr Hervé LEVESQUE	HB	Médecine interne

Mme Agnès LIARD-ZMUDA	HCN	Chirurgie Infantile
Mr Pierre Yves LITZLER	HCN	Chirurgie cardiaque
Mr Bertrand MACE	HCN	Histologie, embryologie, cytogénétique
Mr David MALTETE	HCN	Neurologie
Mr Christophe MARGUET	HCN	Pédiatrie
Mme Isabelle MARIE	HB	Médecine interne
Mr Jean-Paul MARIE	HCN	Oto-rhino-laryngologie
Mr Loïc MARPEAU	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Stéphane MARRET	HCN	Pédiatrie
Mme Véronique MERLE	HCN	Epidémiologie
Mr Pierre MICHEL	HCN	Hépatogastro-entérologie
Mr Benoit MISSET	HCN	Réanimation médicale
Mr Jean-François MUIR (<i>surnombre</i>)	HB	Pneumologie
Mr Marc MURAINÉ	HCN	Ophthalmologie
Mr Philippe MUSETTE	HCN	Dermatologie - Vénérologie
Mr Christophe PEILLON	HCN	Chirurgie générale
Mr Christian PFISTER	HCN	Urologie
Mr Jean-Christophe PLANTIER	HCN	Bactériologie - Virologie
Mr Didier PLISSONNIER	HCN	Chirurgie vasculaire
Mr Gaëtan PREVOST	HCN	Endocrinologie
Mr Jean-Christophe RICHARD (<i>détachement</i>)	HCN	Réanimation médicale - Médecine d'urgence
Mr Vincent RICHARD	UFR	Pharmacologie
Mme Nathalie RIVES	HCN	Biologie du développement et de la reproduction
Mr Horace ROMAN	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Jean-Christophe SABOURIN	HCN	Anatomie - Pathologie
Mr Guillaume SAVOYE	HCN	Hépatogastrologie
Mme Céline SAVOYE-COLLET	HCN	Imagerie médicale
Mme Pascale SCHNEIDER	HCN	Pédiatrie
Mr Michel SCOTTE	HCN	Chirurgie digestive
Mme Fabienne TAMION	HCN	Thérapeutique
Mr Luc THIBERVILLE	HCN	Pneumologie
Mr Christian THUILLEZ (<i>surnombre</i>)	HB	Pharmacologie
Mr Hervé TILLY	CB	Hématologie et transfusion
Mr Gilles TOURNEL	HCN	Médecine légale
Mr Olivier TROST	HCN	Chirurgie maxillo-faciale

Mr Jean-Jacques TUECH	HCN	Chirurgie digestive
Mr Jean-Pierre VANNIER (<i>surnombre</i>)	HCN	Pédiatrie génétique
Mr Benoît VEBER	HCN	Anesthésiologie - Réanimation chirurgicale
Mr Pierre VERA	CB	Biophysique et traitement de l'image
Mr Eric VERIN	CRMPR	Médecine physique et de réadaptation
Mr Eric VERSPYCK	HCN	Gynécologie obstétrique
Mr Olivier VITTECOQ	HB	Rhumatologie
Mme Marie-Laure WELTIER	HCN	Physiologie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme Noëlle BARBIER-FREBOURG	HCN	Bactériologie – Virologie
Mme Carole BRASSE LAGNEL	HCN	Biochimie
Mme Valérie BRIDOUX HUYBRECHTS	HCN	Chirurgie Vasculaire
Mr Gérard BUCHONNET	HCN	Hématologie
Mme Mireille CASTANET	HCN	Pédiatrie
Mme Nathalie CHASTAN	HCN	Physiologie
Mme Sophie CLAEYSSENS	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mr Moïse COEFFIER	HCN	Nutrition
Mr Serge JACQUOT	UFR	Immunologie
Mr Joël LADNER	HCN	Epidémiologie, économie de la santé
Mr Jean-Baptiste LATOCHE	UFR	Biologie cellulaire
Mr Thomas MOUREZ	HCN	Bactériologie
Mr Gaël NICOLAS	HCN	Génétique
Mme Muriel QUILLARD	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mme Laëtitia ROLLIN	HCN	Médecine du travail
Mr Mathieu SALAUN	HCN	Pneumologie
Mme Pascale SAUGIER-VEBER	HCN	Génétique
Mme Anne-Claire TOBENAS-DUJARDIN	HCN	Anatomie
Mr David WALLON	HCN	Neurologie

PROFESSEUR AGREGE OU CERTIFIE

Mr Thierry WABLE	UFR	Communication
Mme Mélanie AUVRAY-HAMEL	UFR	Anglais

II - PHARMACIE

PROFESSEURS

Mr Thierry BESSON	Chimie Thérapeutique
Mr Roland CAPRON (PU-PH)	Biophysique
Mr Jean COSTENTIN (Professeur émérite)	Pharmacologie
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr François ESTOUR	Chimie organique
Mr Loïc FAVENNEC (PU-PH)	Parasitologie
Mr Jean Pierre GOULLE (Professeur émérite)	Toxicologie
Mr Michel GUERBET	Toxicologie
Mme Isabelle LEROUX - NICOLLET	Physiologie
Mme Christelle MONTEIL	Toxicologie
Mme Martine PESTEL-CARON (PU-PH)	Microbiologie
Mr Rémi VARIN (PU-PH)	Pharmacie clinique
Mr Jean-Marie VAUGEOIS	Pharmacologie
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

MAITRES DE CONFERENCES

Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et Minérale
Mr Jérémy BELLIEN (MCU-PH)	Pharmacologie
Mr Frédéric BOUNOURE	Pharmacie Galénique
Mr Abdeslam CHAGRAOUI	Physiologie
Mme Camille CHARBONNIER (LE CLEZIO)	Statistiques
Mme Elizabeth CHOSSON	Botanique
Mme Marie Catherine CONCE-CHEMTOB	Législation pharmaceutique et économie de la santé
Mme Cécile CORBIERE	Biochimie
Mr Eric DITTMAR	Biophysique
Mme Nathalie DOURMAP	Pharmacologie
Mme Isabelle DUBUC	Pharmacologie
Mme Dominique DUTERTE-BOUCHER	Pharmacologie
Mr Abdelhakim ELOMRI	Pharmacognosie
Mr Gilles GARGALA (MCU-PH)	Parasitologie

Mme Najla GHARBI-HAMZA	Chimie analytique
Mme Marie-Laure GROULT	Botanique
Mr Hervé HUE	Biophysique et mathématiques
Mme Laetitia LE GOFF	Parasitologie - Immunologie
Mme Hong LU	Biologie
Mr Jérémie MARTINET (MCU-PH)	Immunologie
Mme Marine MALLETER	Biologie cellulaire
Mme Sabine MENAGER	Chimie organique
Mme Tiphaine ROGEZ-FLORENT	Chimie analytique
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique
Mme Malika SKIBA	Pharmacie galénique
Mme Christine THARASSE	Chimie thérapeutique
Mr Frédéric ZIEGLER	Biochimie

PROFESSEURS ASSOCIES

Mme Cécile GUERARD-DETUNCQ	Pharmacie officinale
Mr Jean-François HOUIVET	Pharmacie officinale

PROFESSEUR CERTIFIE

Mme Mathilde GUERIN	Anglais
----------------------------	---------

ASSISTANT HOSPITALO-UNIVERSITAIRE

Mme Anaïs SOARES	Bactériologie
-------------------------	---------------

ATTACHES TEMPORAIRES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE

Mme Anne-Sophie CHAMPY	Pharmacognosie
Mr Jonathan HEDOUIN	Chimie organique
Mme Barbara LAMY-PELLETIER	Pharmacie galénique

LISTE DES RESPONSABLES DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES

Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et minérale
Mr Thierry BESSON	Chimie thérapeutique
Mr Roland CAPRON	Biophysique
Mme Marie-Catherine CONCE-CHEMTOB	Législation et économie de la santé
Mme Elisabeth CHOSSON	Botanique
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr Abdelhakim ELOMRI	Pharmacognosie
Mr Loïc FAVENNEC	Parasitologie
Mr Michel GUERBET	Toxicologie
Mr François ESTOUR	Chimie organique
Mme Isabelle LEROUX-NICOLLET	Physiologie
Mme Martine PESTEL-CARON	Microbiologie
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique
Mr Rémi VARIN	Pharmacie clinique
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

III – MEDECINE GENERALE

PROFESSEUR

Mr Jean-Loup **HERMIL** (PU-MG) UFR Médecine générale

MAÎTRE DE CONFERENCE MEDECINE GENERALE

Mr Matthieu **SCHUERS** (MCU-MG) UFR Médecine générale

PROFESSEURS ASSOCIES A MI-TEMPS – MEDECINS GENERALISTES

Mr Emmanuel **LEFEBVRE** UFR Médecine générale

Mme Elisabeth **MAUVIARD** UFR Médecine générale

Mr Philippe **NGUYEN THANH** UFR Médecine générale

Mme Marie-Thérèse **THUEUX** UFR Médecine générale

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS – MEDECINS GENERALISTES

Mr Pascal **BOULET** UFR Médecine générale

Mr Emmanuel **HAZARD** UFR Médecine générale

Mme Marianne **LAINÉ** UFR Médecine générale

Mme Lucile **PELLERIN** UFR Médecine générale

Mme Yveline **SEVRIN** UFR Médecine générale

ENSEIGNANTS MONO-APPARTENANTS

PROFESSEURS

Mr Serguei FETISSOV (med)	Physiologie (ADEN)
Mr Paul MULDER (phar)	Sciences du Médicament
Mme Su RUAN (med)	Génie Informatique

MAITRES DE CONFERENCES

Mr Sahil ADRIOUCH (med)	Biochimie et biologie moléculaire (Unité Inserm 905)
Mme Gaëlle BOUGEARD-DENOYELLE (med)	Biochimie et biologie moléculaire (UMR 1079)
Mme Carine CLEREN (phar)	Neurosciences (Néovasc)
Mr Sylvain FRAINEAU (med)	Physiologie (Inserm U 1096)
Mme Pascaline GAILDRAT (phar)	Génétique moléculaire humaine (UMR 1079)
Mr Nicolas GUEROUT (phar)	Chirurgie Expérimentale
Mme Rachel LETELLIER (med)	Physiologie
Mme Christine RONDANINO (med)	Physiologie de la reproduction
Mr Antoine OUVRARD-PASCAUD (med)	Physiologie (Unité Inserm 1076)
Mr Frédéric PASQUET	Sciences du langage, orthophonie
Mme Isabelle TOURNIER (phar)	Biochimie (UMR 1079)

CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS : Mme Véronique DELAFONTAINE

HCN - Hôpital Charles Nicolle

HB - Hôpital de BOIS GUILLAUME

CB - Centre Henri Becquerel

CHS - Centre Hospitalier Spécialisé du Rouvray

CRMPR - Centre Régional de Médecine Physique et de Réadaptation

SJ – Saint Julien Rouen

Table des matières

Table des matières	1
Liste des tableaux	3
Liste des figures.....	4
Glossaire	5
Introduction	7
Partie I : La chirurgie thoracique et l'étude de la courbe d'apprentissage	9
1. La chirurgie thoracique et les segmentectomies.....	9
1.1 Rappels anatomiques.....	9
1.2 La chirurgie d'exérèse pulmonaire.....	10
1.3 Facteurs prédictifs des risques péri-opératoires	13
2. La chirurgie robotique	16
2.1 Présentation du robot da Vinci® d'Intuitive Surgical.....	16
2.2 Les robots en chirurgie thoracique	22
3. La courbe d'apprentissage.....	25
Partie II : Etude de la courbe d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires robot-assistées	32
Objectifs	32
Matériel et Méthodes	32
1. Type d'étude.....	32
2. Recueil des données.....	33
3. Technique chirurgicale RATS	34
4. Evaluation de la courbe d'apprentissage	35
5. Méthode statistique.....	35
6. Estimation des coûts de prise en charge	37
Résultats	40
1. Interventions robot-assistées	40
2. Caractéristiques des patients et des interventions.....	41
3. Courbes d'apprentissage.....	44
3.1 Analyse CUSUM.....	44
3.2 Exponentielle décroissante simple	45
4. Comparaison des groupes : avant et après la courbe d'apprentissage.....	46
5. Coûts liés à l'utilisation du robot.....	50
6. Comparaison des coûts entre les groupes : avant et après la courbe d'apprentissage.....	54
Discussion.....	55

Conclusion.....	61
Bibliographie	62
Annexes	70

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification du score ASA.....	14
Tableau 2 : IPAL et niveaux de risque de bullage prolongé	14
Tableau 3 : Principaux résultats des 13 études de la CA des exérèses pulmonaires	28
Tableau 4 : Données démographiques des patients inclus dans l'étude	41
Tableau 5 : Localisations des exérèses	42
Tableau 6 : Classification TNM des cancers bronchiques primitifs.....	43
Tableau 7 : Comparaison des données entre les deux groupes.....	47
Tableau 8 : Dispositifs médicaux réutilisables spécifiques du robot da Vinci®	50
Tableau 9 : Coûts liés à l'amortissement à imputer à chaque intervention	51
Tableau 10 : Nombre et type d'instruments Endowrist® utilisés par intervention	52
Tableau 11 : Calcul du coût horaire de la salle robot	53
Tableau 12 : Comparaison des coûts médians avant et après la CA	54

Liste des figures

Figure 1 : Schémas des segments pulmonaires	9
Figure 2: Utilisation du robot da Vinci [®] Si	17
Figure 3: Console de commande	18
Figure 4 : Poignée de commande	18
Figure 5 : Chariot patient du robot da Vinci [®]	19
Figure 6 : Optique.....	19
Figure 7 : Caméra	19
Figure 8 : Exemples de reconstruction 3D réalisées à partir d'image DICOM au CHU de Rouen et reconstruite par la compagnie Visible Patient [®]	20
Figure 9 : Degrés de liberté des instruments Endowrist [®]	22
Figure 10 : Amplitude de mouvements des instruments Endowrist [®]	22
Figure 11 : Exemple de boîte à moustaches (Box & Whiskers).....	36
Figure 12 : Interventions RATS au CHU de Rouen entre 2012 et 2017	40
Figure 13 : Analyse CUSUM de la durée opératoire.....	44
Figure 14 : Exponentielle décroissante simple de la durée opératoire	45
Figure 15 : Boîte à moustaches représentant la distribution de la durée de séjour (Box & Whiskers).....	49

Glossaire

ASA : American Society of Anesthesiologists

ATIH : Agence Technique de l'Information Hospitalière

CA : Courbe d'Apprentissage

CBNPC : Cancer Bronchique Non à Petites Cellules

CD : Charge Directe

Chir : Chirurgie

CUSUM : Cumulative SUM

DC : Dépense Clinique

DICOM : Digital Imaging and Communications in Medicine

DIM : Département d'Information Médicale

DLCO : Capacité de Diffusion du monoxyde de carbone

DMS : Durée Moyenne de Séjour

DS : Durée de Séjour

ENC : Etude Nationale de Coûts

EPITHOR : Base de données épidémiologiques en chirurgie thoracique

FDA : Food and Drug Administration

FEV : Volume expiratoire forcé par seconde

GHM : Groupe Homogène de Malades

IMC : Indice de Masse Corporelle

IPAL : Index of Prolonged Air Leak

LGG : Logistique et Gestion Générale

LM : Logistique Médicale

MT : Médico-Technique

NYHA : New York Heart Association

PS : Performance Status

RATS : Robot-Assisted Thoracic Surgery

Réa : Réanimation

S : Structure

SC : Soins continus

SFCTCV : Société Française de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire

SI : Soins intensifs

TNM : Tumor Nodes Metastasis

VATS : Video-Assisted Thoracic Surgery

Introduction

L'avènement de la chirurgie mini-invasive en chirurgie thoracique vidéothoroscopique et robotique constitue une avancée importante dans les exérèses pulmonaires. Ceci a été permis grâce aux avancées techniques et technologiques de ces dernières années (imagerie, agrafages automatiques, écrans Haute Définition, vision tridimensionnelle, instruments robotisés, *etc.*). De plus la chirurgie d'exérèse pulmonaire évolue vers une logique d'épargne parenchymateuse pour répondre aux formes plus précoces des lésions pulmonaires prises en charge (1).

Les lobectomies pulmonaires restent aujourd'hui le « gold standard » dans le traitement des cancers bronchiques opérables mais dans les formes très précoces, les segmentectomies pulmonaires semblent plus adaptées (2). Cette chirurgie est plus complexe dans sa réalisation surtout en chirurgie mini-invasive et représente un nouveau challenge chirurgical.

Les avantages techniques offerts par l'utilisation des robots da Vinci[®] pourraient faciliter la réalisation de ces procédures en permettant notamment une dissection plus précise de la région hilare pulmonaire. Cependant, les coûts engendrés par la chirurgie robot-assistée restent un obstacle à son développement (3). La segmentectomie robot-assistée étant une approche récente, elle nécessite, comme toutes les procédures chirurgicales, un temps d'apprentissage. Cette période d'acquisition des compétences est souvent décrite comme la courbe d'apprentissage.

La courbe d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires robot-assistées est à ce jour peu étudiée dans la littérature. L'évaluation de la courbe d'apprentissage lors de l'implémentation d'une nouvelle technique en chirurgie est primordiale mais il n'existe à ce jour aucun consensus sur la méthode d'analyse ou sur les données à prendre en

considération pour l'évaluer, en dehors de la durée opératoire. Ce travail se propose d'évaluer la courbe d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires robot-assistées et d'estimer le surcoût lié à son apprentissage par une étude médico-économique.

Partie I : La chirurgie thoracique et l'étude de la courbe d'apprentissage

1. La chirurgie thoracique et les segmentectomies

1.1 Rappels anatomiques

Chaque poumon est divisé en lobes. Le poumon droit en possède trois : supérieur, moyen et inférieur et le poumon gauche en possède deux : supérieur et inférieur (Figure 1).

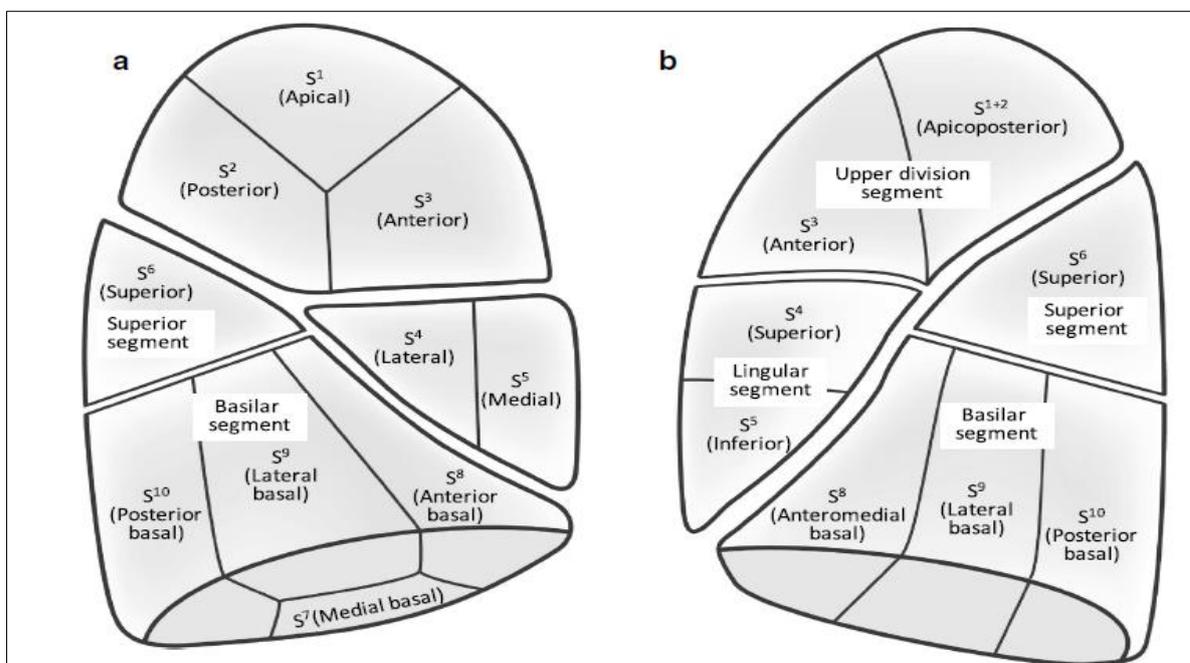


Figure 1 : Schéma des segments pulmonaires

(a : schéma des segments du poumon droit, b : schéma des segments du poumon gauche)
(D'après S.Nakazawa, 2017 (4))

Chaque lobe est ensuite divisé en unités fonctionnelles, les segments pulmonaires. Le lobe supérieur droit comprend trois segments : l'apical (S1), le postérieur (S2) et l'antérieur (S3). Le lobe moyen droit en comprend deux : le segment latéral (S4) et le médial (S5). Le lobe inférieur droit comprend cinq segments : le segment supérieur (S6), le segment médial basal (S7), le segment antérieur basal (S8), le segment latéral basal (S9) et le segment postérieur basal (S10). Le lobe supérieur gauche comprend quatre segments : l'apico-postérieur (S1+S2) et l'antérieur (S3). Le lobe inférieur gauche comprend sept segments : le segment supérieur (S4), le segment inférieur (S5), le segment supérieur (S6), le segment médial basal (S7), le segment anteromédial basal (S8), le segment latéral basal (S9) et le segment postérieur basal (S10).

(S3) qui constituent le culmen, le linguale supérieur (S4) et le linguale inférieur (S5) qui constituent la lingula. Les lobes inférieurs droit et gauche comprennent chacun cinq segments : apical (S6) (segment de Nelson ou de Fowler), basal médial (S7) (paracardique), basal antérieur (S8), basal latéral (S9) et basal postérieur (S10) qui correspondent à la pyramide basale (4).

Les lobes sont segmentés jusqu'au lobule pulmonaire, unité anatomique fonctionnelle du poumon en forme de polyèdre.

1.2 La chirurgie d'exérèse pulmonaire

La chirurgie d'exérèse pulmonaire consiste à enlever la totalité d'un poumon (pneumonectomie) ou à réaliser une résection pulmonaire partielle en enlevant un lobe (lobectomie), un segment anatomique (segmentectomie) ou un segment non anatomique (résection atypique ou « wedge resection »). Ces procédures peuvent être réalisées selon plusieurs techniques : à « thorax ouvert » par thoracotomie, ou à « thorax fermé » en chirurgie mini-invasive. Le choix de la technique et de la procédure d'exérèse pulmonaire dépendent de l'indication et de l'état général du patient. Les indications peuvent être carcinologiques (cancers broncho-pulmonaires primitifs et métastases pulmonaires) ou non carcinologiques (maladie inflammatoire, infection, *etc.*).

La thoracotomie postéro-latérale permet un accès direct aux structures intrathoraciques et a longtemps été la seule voie d'abord en chirurgie pulmonaire. Cependant, elle implique une division du muscle grand dorsal et un écartement des deux côtes augmentant la douleur post-opératoire et diminuant la compliance de la paroi thoracique (5). Jusqu'aux années 2000, la lobectomie par thoracotomie est restée le « gold standard » pour le traitement chirurgical des cancers pulmonaires opérables (6).

Inspirée de la cœlioscopie et dans le but de limiter le traumatisme pariétal et la douleur post-opératoire, la chirurgie mini-invasive a été introduite plus récemment en chirurgie thoracique. Pour les procédures réalisées par vidéothoracoscopie (ou VATS video-assisted thoracic surgery), trois incisions sont nécessaires pour l'introduction des trocars, des instruments et de l'optique. Cette technique a d'abord été utilisée pour des procédures de diagnostic et dans la résection de petits nodules périphériques. Elle a ensuite été utilisée pour des procédures plus complexes telles que les lobectomies dans le traitement des cancers pulmonaires périphériques (5) jusqu'à devenir une procédure standard dans le traitement des cancers bronchiques non à petites cellules (CBNPC) à un stade précoce (7). De plus, de par le nombre et la taille limitée des incisions nécessaires à l'intervention, la VATS est associée à une diminution de la douleur post-opératoire, à une réhabilitation précoce, à une réduction de la durée de séjour, à une réduction de la mortalité et du nombre de complications (8–13). Malgré ces avantages, la VATS n'a pas été adoptée par la majorité des chirurgiens (14). Les raisons évoquées concernent les difficultés techniques qui lui sont inhérentes, à savoir la vision bidimensionnelle sur un écran (2D) et la manœuvrabilité limitée des instruments (15). De plus, la réalisation des lymphadenectomies médiastinales complètes, procédure standard dans le cas de cancers bronchiques, est plus complexe (16).

La chirurgie robot-assistée (ou RATS robot-assisted thoracic surgery) a été développée dans les années 2000 avec l'intention de s'affranchir des difficultés inhérentes à la VATS (13). La précision du geste, due à une vision tridimensionnelle (3D) et aux instruments possédant la même manœuvrabilité qu'en chirurgie ouverte, permet une dissection plus précise et notamment une dissection des ganglions lymphatiques facilitée et plus complète qu'en VATS (17,18). La RATS a également démontré des avantages par rapport à la thoracotomie. En effet, la réalisation d'une lobectomie RATS diminuerait le risque de complications pulmonaires post-opératoires en comparaison à une lobectomie par

thoracotomie (28 % Vs 45 %, $p=0,02$), en particulier chez les patients à haut risque, c'est-à-dire avec un volume expiratoire forcé par seconde (FEV) ou une capacité de diffusion du monoxyde de carbone (DLCO) pré-opératoires inférieurs à 60 % (19).

La lobectomie est à ce jour le traitement chirurgical de référence des CBNPC, peu avancés et de petite taille, qu'elle soit réalisée par thoracotomie, VATS ou RATS (20). Actuellement, les segmentectomies représentent une alternative à la lobectomie dans le traitement des tumeurs périphériques de stade I de moins de 2 cm ou lorsque les comorbidités du patient augmentent les risques péri-opératoires d'une lobectomie (patient âgé, un Performance Status (PS) faible et/ou une réserve cardiopulmonaire pauvre) (20,21). La place de la segmentectomie en dehors de ces indications est en revanche controversée. En effet, sur le plan oncologique, la dernière étude randomisée, publiée en 1995, a démontré qu'une résection pulmonaire limitée pour une tumeur de moins de 3 cm augmentait le risque de métastase locorégionale comparée à une lobectomie (22). Cependant, les progrès de l'imagerie rendent désormais possible la détection de tumeurs de plus en plus petites (1-2 cm). D'autres auteurs n'ont pas pu conclure sur l'avantage de la segmentectomie par rapport à la lobectomie dans le traitement des CBNPC (23). En chirurgie mini-invasive, les segmentectomies sont associées à une réduction de la durée d'hospitalisation (6,8 Vs 4,3 jours $p=0,03$) (24). Sur le plan fonctionnel, Nomori *et al.* ont démontré que les segmentectomies permettent une meilleure préservation de la fonction pulmonaire (48 ± 21 % de la fonction pré-opératoire) que les lobectomies de par l'épargne parenchymateuse et l'augmentation de la fonction du lobe homolatéral non opéré (25). Deux études randomisées (CALGB-140503 et JCOG-0802) sont en cours, avec l'objectif de préciser davantage la place de la segmentectomie dans le traitement des CBNPC (26,27).

La proportion des segmentectomies réalisées augmente du fait de l'élargissement des indications et des progrès de l'imagerie permettant le diagnostic précoce des cancers

pulmonaires de petite taille (1). Certains auteurs considèrent que les segmentectomies représentent le futur du traitement chirurgical des CBNPC. En revanche, la variabilité anatomique des éléments vasculaires, bronchiques et du plan intersegmentaire rend les segmentectomies plus complexes à réaliser que les lobectomies, notamment dans un environnement mini-invasif (28). En effet, la segmentectomie anatomique diffère de la résection atypique en particulier par l'identification précise et la ligature individuelle des vaisseaux et bronches segmentaires (29). Ces procédures, techniquement plus difficiles et nécessitant une dissection précise dans un espace de travail restreint, pourraient notamment être facilitées par l'assistance robotique (30).

1.3 Facteurs prédictifs des risques péri-opératoires

En chirurgie d'exérèse pulmonaire, un score et un index sont utilisés pour déterminer le niveau de risque de complications péri-opératoires, le score ASA (American Society of Anesthesiologists) et l'index IPAL (Index of Prolonged Air Leak).

1.3.1 Le score ASA

Le score ASA a été mis au point par la société américaine des anesthésistes. Il permet de qualifier l'état de santé préopératoire d'un patient et permet ainsi d'évaluer le risque anesthésique (Tableau 1).

Tableau 1 : Classification du score ASA

Classification ASA	Définition
ASA 1	Patient normal en bonne santé
ASA 2	Patient avec une anomalie systémique modérée
ASA 3	Patient avec une anomalie systémique sévère
ASA 4	Patient avec une anomalie systémique sévère représentant une menace vitale constante
ASA 5	Patient moribond dont la survie est improbable sans l'intervention
ASA 6	Patient déclaré en état de mort cérébrale dont on prélève les organes pour greffe

On distingue 6 classes de score ASA. Les deux premières regroupent les patients globalement en bonne santé. Les deux suivantes regroupent les patients porteurs de pathologies graves. La classe 5 inclut les patients moribonds et la classe 6 les patients en état de mort cérébrale

1.3.2 L'index PAL

L'IPAL a été décrit en 2010 à partir de plus de 30 000 exérèses pulmonaires partielles issues de la base de données épidémiologique en chirurgie thoracique (EPITHOR[®]) de la Société Française de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire (SFCTCV). Il permet de prédire le risque post-opératoire de bullage prolongé en prenant en considération le sexe, l'IMC, la présence ou non d'une dyspnée, le type et la localisation de l'exérèse pulmonaire (Tableau 2).

Tableau 2 : IPAL et niveaux de risque de bullage prolongé

IPAL	Niveau de risque de bullage prolongé
<3 %	Risque très faible
3-4,9 %	Risque faible
5-6,9 %	Risque modéré
7-10 %	Haut risque
>10 %	Très haut risque

Lorsque l'index PAL est inférieur à 5, le risque de bullage prolongé au-delà de 5 jours après l'intervention est faible. Au-delà de 7 %, le risque de bullage prolongé est important.

2. La chirurgie robotique

2.1 Présentation du robot da Vinci[®] d'Intuitive Surgical

La première définition du mot « robot » a été donnée par Robots Institute of America en 1979 : « un manipulateur reprogrammable, multifonctionnel capable de déplacer du matériel, des pièces, des outils ou des objets spécifiques par le biais de mouvements programmés divers pour l'exécution de différentes tâches ». Les robots da Vinci[®] sont des robots « maître-esclave » développés par Intuitive Surgical. Il s'agit de robots manipulés à distance par un chirurgien. L'agence américaine de santé (FDA Food and Drug Administration) a approuvé, pour la première fois, l'utilisation du robot en chirurgie laparoscopique en 2000. Dans les années qui ont suivi, la FDA a approuvé son utilisation en chirurgie urologique, gynécologique, cardiaque et thoracique (31). Les robots da Vinci[®] sont aujourd'hui les robots chirurgicaux les plus répandus avec plus de 3 400 unités vendues dans le monde en 2016 (32).

Les robots chirurgicaux da Vinci[®] sont constitués par un ensemble de trois composants : la console de commande ergonomique, le chariot patient avec les bras robotisés et le système d'imagerie tridimensionnelle (3D), représentés sur la Figure 2.

Depuis vingt ans, plusieurs générations de robots da Vinci[®] ont été proposées par Intuitive Surgical. En 2003, le robot da Vinci[®] standard est commercialisé offrant trois bras et une vision tridimensionnelle. Le robot da Vinci[®] S, de deuxième génération, est ensuite commercialisé en 2006 avec un quatrième bras, une vision tridimensionnelle magnifiée en haute définition. La troisième génération des robots da Vinci[®] a été disponible en 2009 avec le robot da Vinci[®] Si. Il offre, en plus des avantages du robot da Vinci[®] S, une précision et une qualité visuelle encore améliorées, compatibles avec l'imagerie par fluorescence, ainsi que la possibilité de visualiser deux sources complémentaires à la vision du champ opératoire. Les robots da Vinci[®] de quatrième génération X et Xi ont été

commercialisés en 2014 et introduits récemment sur le marché européen. Le robot da Vinci[®] Xi dispose, en plus d'une automatisation de la configuration, d'un accès multi-quadrant permettant de pouvoir positionner le robot tout autour du patient.



Figure 2: Utilisation du robot da Vinci[®] Si

(D'après D.B.Camarillo, 2004, (33))

La console de commande (Figure 3) est pilotée par le chirurgien avec une ergonomie de type microchirurgie. L'image 3D est retransmise en haute définition avec un grossissement variable jusqu'à dix fois. En prenant le contrôle des poignées à l'aide de ses mains (Figure 4), le chirurgien actionne les bras fixés au chariot patient. Le système transmet exactement les mouvements des doigts et de la main en temps réel aux effecteurs. Le chirurgien est positionné à distance du patient, assis au niveau de la console de commande. Les bras du chirurgien sont posés tout au long de l'intervention, permettant d'améliorer le confort notamment lors d'interventions longues et complexes (34).



Figure 3: Console de commande



Figure 4 : Poignée de commande

(D'après D.B.Camarillo, 2004 (33))

Le chariot patient (Figure 5) comporte trois ou quatre bras robotisés selon les modèles, utilisés ou non en totalité en fonction des interventions réalisées. Le patient est sur la table d'opération et les trocarts sont insérés par le chirurgien. Le chariot patient est ensuite positionné de telle sorte que les bras robotisés se trouvent au-dessus des trocarts.

Avant l'intervention, le robot et les bras robotisés doivent être recouverts d'une housse stérile à usage unique, cette étape est appelée « champagne ».



Figure 5 : Chariot patient du robot da Vinci®

L'image en haute définition est transmise par l'optique (Figure 6), composé d'un endoscope binoculaire, introduit dans le patient *via* un trocart et rattaché à une caméra (Figure 7) fixée sur un bras robotisé. Le diamètre de l'optique peut être de 8 ou de 12 mm et l'angulation de 0° ou 30° pour les systèmes S et Si. Pour les systèmes X et Xi, le diamètre est de 8 mm et l'angulation de 0° ou 30°.



Figure 6 : Optique



Figure 7 : Caméra

La vision tridimensionnelle du champ opératoire permet au chirurgien d'avoir une vue en profondeur rappelant les sensations de la chirurgie ouverte. Le chirurgien peut, à partir de

la console de commande et pendant l'intervention, bouger le bras robotique tenant la caméra et ainsi avoir une vue ciblée du champ opératoire. L'image visualisée par le chirurgien peut être grossie jusqu'à dix fois afin d'augmenter la précision des dissections (15). Les images tridimensionnelles des structures bronchiques et vasculaires réalisées en pré-opératoire (Figure 8) peuvent être visualisées par le chirurgien pendant l'intervention grâce au Tile Pro System[®]. Cet outil permet une visualisation simultanée de deux images de sources différentes dans la console de commande, les images tridimensionnelles des structures bronchiques pré-opératoires et du champ opératoire, par le chirurgien pour en faciliter la réalisation (35).

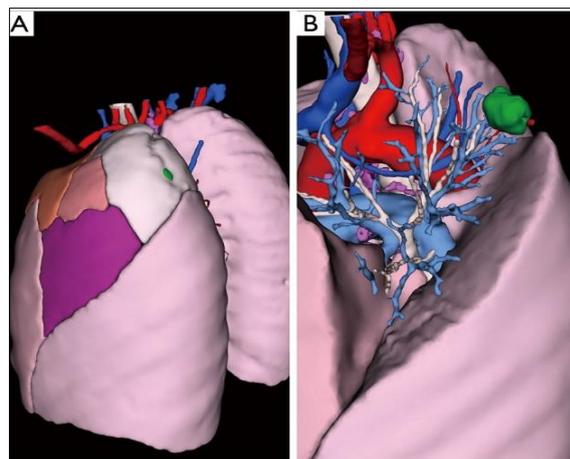


Figure 8 : Exemples de reconstruction 3D réalisées à partir d'image DICOM au CHU de Rouen et reconstruite par la compagnie Visible Patient[®]

(A et B : Reconstructions pulmonaires 3D de patients ayant une tumeur sous-pleurale (en verte)) (D'après J.Le Moal, 2018 (36))

La conservation de l'alignement œil-main physiologique grâce à l'image permet la modélisation mentale de la profondeur, la localisation correcte des instruments et des cibles rappelant ainsi les sensations de la chirurgie ouverte.

Les instruments Endowrist[®] sont les effecteurs du robot. Ils sont composés d'un boîtier principal et d'une longue tige comportant l'instrument à l'extrémité. Plusieurs types d'instruments existent en fonction de l'action attendue : clampage, dissection, coagulation, suture, *etc.* Au début ou au cours de l'intervention, les instruments sont positionnés sur les bras robotisés. Chaque instrument a un nombre limité d'utilisations détecté par le robot lors de son positionnement.

Ces instruments sont une combinaison entre les instruments chirurgicaux classiques et un mécanisme permettant certains mouvements qui seraient difficiles, voire impossibles, à réaliser en leur absence (15,17,33). En effet, ils offrent 7 degrés de liberté, comme le poignet humain, et une rotation à 90° (Figures 9 et 10) permettant au chirurgien d'avoir la même manœuvrabilité qu'en chirurgie ouverte dans un environnement mini-invasif et ainsi de diminuer la courbe d'apprentissage pour les opérations complexes (15,37).

Ces instruments reproduisent les mouvements commandés par les doigts du chirurgien en filtrant les tremblements physiologiques, et aussi d'éliminer l'inversion de mouvements entre le champ visuel sur une colonne vidéo classique et le mouvement de mains appelé « fulcrum effect ». Ceci permet des gestes plus fins et plus précis (33). Le paramétrage de l'échelle des mouvements permet l'ajustement des mouvements main-instruments par un ratio maximum de 1 pour 5. L'amplitude du mouvement de la main du chirurgien est divisée par 5 avant que le mouvement ne soit reproduit par l'instrument dans le patient (32).

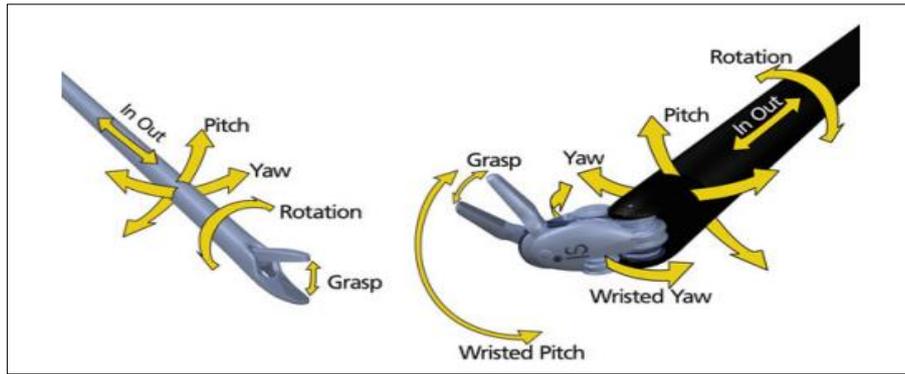


Figure 9 : Degrés de liberté des instruments Endowrist®

(D'après S.J.Baek, 2014 (38))

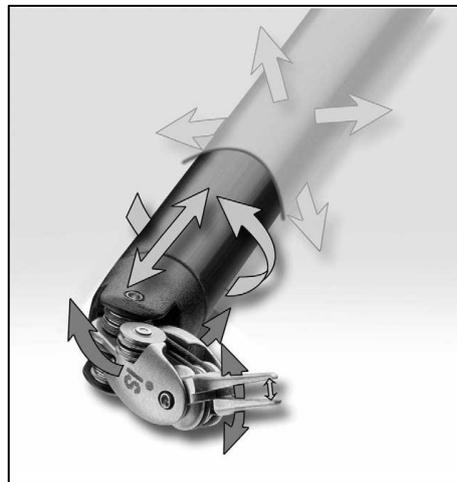


Figure 10 : Amplitude de mouvements des instruments Endowrist®

(D'après D.B.Camarillo, 2004 (33))

2.2 Les robots en chirurgie thoracique

Les robots da Vinci® font l'objet de controverses du fait de l'encombrement, du temps d'installation, de l'absence de retour de force mais surtout à cause des coûts qu'ils engendrent.

La taille et le poids des éléments du robot nécessitent parfois l'agrandissement de la salle opératoire qui est le plus souvent dédiée aux interventions robot-assistées. Ces aménagements sont donc à prendre en compte lors de l'achat d'un robot (15).

Le temps d'installation ou « docking time » comprend le temps de positionnement du patient, des trocarts sur le patient et du robot par rapport au patient mais aussi le champage des bras du robot et la calibration de la caméra. Plusieurs articles ont évoqué un temps d'installation plus long en chirurgie robotique qu'en chirurgie vidéo-assistée ou en chirurgie ouverte. Il semble cependant diminuer avec l'expérience de l'équipe médicale et paramédicale, jusqu'à atteindre 15 minutes pour une équipe paramédicale expérimentée (39,40).

Avec les robots da Vinci[®], le chirurgien ne dispose pas de retour de force lui permettant d'identifier les bords de la tumeur et d'assurer son ablation complète tout en préservant les tissus sains (33). Ce retour de force s'avère cependant être davantage visuel. En effet, le cerveau imagine, au vu de la déformation des tissus provoquée par l'instrument, le retour de force et cela d'autant plus facilement que le chirurgien dispose d'une vision tridimensionnelle stéréotaxique. Le problème demeure cependant pour les instruments n'étant pas dans le champ de vision.

Le coût d'achat d'un robot da Vinci[®] varie entre 1 000 000 € et 2 000 000 €. Le contrat de maintenance à l'achat équivaut à 10 % du prix d'achat par an, soit entre 100 000 € et 200 000 €. L'utilisation du robot da Vinci[®] nécessite l'achat de consommables spécifiques : les housses de protection des bras du robot, les instruments Endowrist[®] dont le coût se situe autour de 3 000 € avec un nombre d'utilisations limité, les optiques binoculaires et les trocarts. Lors d'une intervention robot-assistée, la ligature est réalisée grâce à un applicateur de recharge d'une valeur d'environ 500 €. Plusieurs recharges peuvent être utilisées au cours d'une même intervention ; chacune d'une valeur d'environ 150 €. Le coût d'utilisation du robot est l'inconvénient le plus décrit dans la littérature (15,41). Pour 20 procédures différentes, une

étude a estimé en 2010 le coût additionnel pour l'utilisation du robot par rapport aux procédures VATS à 1 600 \$ et jusqu'à 3 200 \$ en incluant le coût de l'amortissement. L'augmentation du nombre de procédures robot-assistées réalisées permettrait de diminuer les coûts liés à l'amortissement (42). En chirurgie thoracique, Deen *et al.* ont estimé le coût supplémentaire d'une lobectomie RATS par rapport à une lobectomie VATS à 1 601 \$ et ont ajouté qu'une diminution de la durée d'intervention de 68 minutes ou de la durée de séjour de 1,86 jours permettrait d'éliminer cette différence de coût (3). Emmert *et al.* ont également émis l'idée qu'une durée de séjour plus courte en RATS pourrait contrebalancer ce surcoût (43). Dans un travail comparant les résections rectales réalisées en chirurgie vidéo et robot-assistée, les coûts étaient toujours plus élevés en chirurgie robot assistée qu'en laparoscopie (7 619,8 \$ Vs 12 283,5 \$; $p < 0,001$) (44). Cependant en chirurgie robot-assistée, les coûts et la durée opératoire diminuaient après 20 interventions ($p < 0,009$). La chirurgie robot-assistée semble être associée à un coût supplémentaire comparée à la chirurgie vidéo-assistée ou ouverte. Cependant, les données péri-opératoires ainsi que les coûts varient avec le temps et la maîtrise de la technique par le chirurgien.

3. La courbe d'apprentissage

Pendant la période d'apprentissage d'une nouvelle technique, les performances chirurgicales sont améliorées par la répétition des gestes. Cette période est appelée courbe d'apprentissage (CA) ou « learning curve » (40). Ce terme fait référence au processus de gain d'expérience et d'amélioration des performances (45). La théorie de la CA repose sur de moins bons résultats péri-opératoires (durée opératoire, durée de séjour, durée de drainage...) en début de formation, suivie d'une amélioration des performances avec l'expérience sans incidence sur la qualité de la procédure. La CA est évaluée par l'amélioration d'une ou de plusieurs des données analysées.

Dans la littérature, plusieurs méthodes d'évaluation de la CA ont été décrites. L'analyse CUSUM, ou CUMulative SUM, permet de décrire les écarts à la moyenne d'une donnée uniquement, le plus souvent la durée opératoire, en fonction du nombre d'interventions. En chirurgie colorectale, deux études ont évalué la CA et ont déterminé plusieurs phases d'apprentissage grâce à l'analyse CUSUM. Les données péri-opératoires ont ensuite été comparées entre les groupes (40,46).

Certaines études représentent une donnée péri-opératoire en fonction du nombre d'interventions classées par ordre chronologique. L'observation de la pente de cette courbe est une méthode également utilisée pour évaluer la CA. C'est ainsi que Meyer *et al.* ont défini la CA des lobectomies RATS à partir de la durée opératoire, de la mortalité et du confort du chirurgien (47).

La dernière méthode décrite dans la littérature pour évaluer la CA est le découpage de la cohorte en groupes d'interventions. Ce découpage est réalisé soit en fonction de l'opérateur, soit de manière arbitraire en fonction de l'effectif ou de la date de réalisation de l'intervention. Les données péri-opératoires sont ensuite comparées entre les groupes

ainsi définis ce qui permet d'identifier la fin de la période d'apprentissage. En urologie, une étude a défini 5 groupes de 20 patients en fonction de la date d'intervention puis a comparé la moyenne de la durée opératoire de chaque groupe. Le changement de la droite représentant ces moyennes en fonction des groupes correspond à la CA (48).

En chirurgie d'exérèse pulmonaire mini-invasive, une revue de la littérature nous a permis d'identifier les études reportant les courbes d'apprentissage des lobectomies et des segmentectomies VATS et RATS. Les résultats de cette revue sont présentés dans l'annexe 1. Comme dans les autres domaines chirurgicaux, différentes méthodes d'analyse sont utilisées pour l'évaluation de la CA des exérèses pulmonaires. Les résultats des treize études citées ci-après sont résumés dans le Tableau 3.

L'analyse CUSUM de la seule durée opératoire a permis d'évaluer à 33 interventions la CA des segmentectomies VATS (49).

Une autre méthode consiste à diviser la cohorte deux groupes d'interventions en fonction de l'expérience du chirurgien les ayant réalisées. Quatre études ont ainsi comparés les durées opératoires, de drainage et de séjour, les pertes sanguines et les complications entre les interventions réalisées par le chirurgien expérimenté et celles réalisées par le chirurgien en formation. Les durées opératoire, de drainage et de séjour étaient significativement différentes pour une étude et seule la durée opératoire différait significativement pour les deux autres (50–52). Aucune différence significative pour l'ensemble des critères analysés n'a été mise en évidence pour la dernière étude (53).

D'autres études ont également divisé les interventions, cette fois de manière arbitraire en fonction de la date de réalisation de l'intervention. Les données péri-opératoires ont ensuite été comparées entre les groupes. Les durées opératoires, de séjour et de drainage ainsi que les pertes sanguines et les complications ont été comparées entre les groupes. Seule la durée opératoire était significativement différente entre les groupes pour toutes ces études (54–57).

Une dernière étude a divisé sa cohorte de 146 interventions en deux groupes en fonction de la période d'apprentissage des lobectomies VATS évaluées à 50 interventions dans la littérature. Le premier groupe correspondant à la période d'apprentissage (50 interventions) et le second à la phase post-apprentissage. La durée opératoire, le taux de conversion et le nombre de ganglions réséqués, comparés entre les deux groupes, diminuaient significativement ($p=0,01$, $p=0,04$ et $p<0,01$ respectivement) (58).

L'étude des coûts peut, tout comme les données péri-opératoires, être associée à l'évaluation de la CA. En chirurgie thoracique, une étude a comparé les coûts hospitaliers totaux pour les lobectomies VATS après avoir défini une période initiale et une période finale en fonction des coûts d'anesthésie. Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre la période initiale (5 204 \$) et la période finale (5 075 \$) ($p=0,958$) (59).

Bien que la CA des lobectomies ait été évaluée à plusieurs reprises, celle des segmentectomies en chirurgie mini-invasive est peu décrite dans la littérature. Une étude, basée sur la durée opératoire, l'a évaluée en RATS à 14 interventions en incluant également les lobectomies et sans prendre en compte les coûts (45).

Le nombre et la nature des critères étudiés ainsi que les méthodes d'analyse diffèrent pour l'étude d'une même procédure. Cependant la durée opératoire semble être la variable la plus utilisée en raison de sa sensibilité précoce aux variations (60).

Tableau 3 : Principaux résultats des 13 études de la CA des exérèses pulmonaires

Auteur, date, Journal	Type d'étude	Groupe de patients		Résultats	Résumé
1. Ferguson <i>et al.</i> 2006, (51) Eur J Cardiothorac Surg	Etude monocentrique, prospective observationnelle	230 lobectomies VATS réalisées par un chirurgien expérimenté divisées en 5 groupes de 46 patients consécutifs (groupe 1 à 5) 46 VATS lobectomies réalisées par des chirurgiens en formation	Moyenne de la durée opératoire	Chirurgien expérimenté : 137 min Chirurgiens en formation : 160 min p = 0,0005	La durée opératoire moyenne n'était pas différente entre le groupe 1 du chirurgien expérimenté et les 46 premiers patients des chirurgiens en formation. Cependant elle était différente entre le groupe 1 et les autres groupes et entre les interventions des chirurgiens en formation et les groupes 2, 3 et 4.
			Moyenne des pertes sanguines	Chirurgien expérimenté : 98.5 mL Chirurgiens en formation : 99,6 mL p = 0,95	
			Conversion en thoracotomie	Chirurgien expérimenté : 12,1 % Chirurgiens en formation : 6,5 % p = 0,08	
			Moyenne de la durée de séjour post-opératoire	Chirurgien expérimenté : 7,6 jours Chirurgien en formation : 6,5 jours p = 0,33	
2. Wan <i>et al.</i> , 2008, (50) Ann Thorac Surg	Etude monocentrique rétrospective	111 résections pulmonaires majeures consécutives VATS entre janvier 2002 et octobre 2006 51 opérations VATS réalisées par des chirurgiens expérimentés en VATS 60 opérations réalisées par des chirurgiens en formation	Moyenne de la durée opératoire	p = 0,01	La seule différence entre les deux groupes est la durée opératoire. Les chirurgiens en formation ont une durée opératoire plus élevée que les chirurgiens expérimentés.
			Moyenne des pertes sanguines	p = 0,4	
			Conversion	p = 0,4	
			Durée de drainage	p = 0,9	
			Durée de séjour	p = 0,4	
			Complications	p = 1	
			Mortalité à 30 jours	Chirurgiens expérimentés : 0 – Chirurgiens en formation : 0	

3. Zhao <i>et al.</i> , 2010, (54) World J Surg	Etude monocentrique rétrospective	1 chirurgien expérimenté en chirurgie thoracoscopique et en lobectomie ouverte 90 lobectomies consécutives VATS divisées chronologiquement en 3 groupes de 30 : A, B et C	Durée opératoire	p < 0,001	La CA des lobectomies VATS a été évaluée entre 30 et 60 interventions . Après la CA, le chirurgien est capable de réaliser une procédure en diminuant les pertes sanguines et la durée opératoire.
			Pertes sanguines	p < 0,001	
			Conversion	p = 0,781	
			Durée de drainage	p = 0,752	
			Durée de séjour	p = 0,951	
			Complications	p = 0,572	
			Aires ganglionnaires médiastinales disséquées	p = 0,682	
			Ganglions médiastinaux disséqués	p = 0,722	
4. Gonzalez <i>et al.</i> , 2011, (55) Eur J Cardiothorac Surg	Etude monocentrique, prospective et observationnelle	200 lobectomies VATS 3 périodes d'un an : P1 : n=32 P2 : n=65 P3 : n=103	Durée opératoire	p = 0,011	Les résultats montrent qu'avec un gain d'expérience en augmentant le nombre d'interventions par année, le taux de conversion et la durée opératoire diminuent.
			Taux de conversion	p = 0,017	
			Nombre de ganglions disséqués	p = 0,003	
			Nombre d'aires ganglionnaires explorées	p < 0,001	
5. Cho <i>et al.</i> , 2011, (59) Surg Endosc	Etude monocentrique rétrospective	86 lobectomies VATS réalisées par 1 chirurgien 2 groupes définis en fonction des coûts d'anesthésie : Période initiale (n=25) Période finale (n=26)	Durée de drainage	p = 0,685	C'est la diminution de la durée opératoire pendant la période finale qui a permis la diminution des coûts d'anesthésie.
			Durée de séjour	p = 0,320	
			Complications	p = 0,419	
			Coûts hospitaliers totaux	p = 0,958	
6. Konge <i>et al.</i> , 2012, (52) Interact Cardiovasc Thorac Surg	Etude monocentrique, prospective et observationnelle	29 lobectomies VATS réalisées par un chirurgien en formation 185 lobectomies VATS réalisées par 2 chirurgiens expérimentés sur la même période	Durée opératoire	p = 0,04	Avec de la préparation et l'apprentissage sous supervision, la CA d'un chirurgien en formation peut être plus rapide.
			Pertes sanguines péri-opératoires	p = 0,79	
			Durée de drainage	p < 0,001	
			Durée de séjour post-opératoire	p < 0,001	

7. Meyer <i>et al.</i> , 2012, (47) J Med Robotics Comput Assist Surg	Etude monocentrique retrospective	185 lobectomies RATS consécutives entre janvier 2004 à décembre 2011 réalisées par deux chirurgiens expérimentés en VATS	Durée opératoire	Le changement de la pente de la courbe correspond au début du plateau définissant la CA. La CA totale a été définie par la moyenne de la somme des CA individuelles. Temps opératoire : 15 cas Conversions en thoracotomie: NA Morbidity : NA Mortalité : 20 cas Durée de séjour : NA Confort du chirurgien : 19 cas	La moyenne de la CA des lobectomies RATS est égale à 18± 3 cas .
			Conversions en thoracotomie		
			Durée de séjour		
			Morbidity		
			Mortalité		
8. Billé <i>et al.</i> , 2013, (53) Gen Thorac Cardiovasc Surg	Etude monocentrique rétrospective	100 lobectomies VATS consécutives réalisées en 4 ans (mai 2008- mai 2012) par un chirurgien expérimenté (n=66, groupe A) et par des chirurgiens en formation assistés du chirurgien expérimenté (n=34, groupe B)	Durée opératoire	p = 0,18	Un programme de formation est réalisable sans augmenter le temps opératoire, le taux de conversion, le taux de complication post-opératoire, la durée de drainage ou la durée de séjour.
			Pertes sanguines	p = 0,2	
			Taux de conversion	p = 0,6	
			Durée de drainage	p = 0,3	
			Durée de séjour	p = 0,5	
			Taux de complication per-opératoire	p = 0,4	
			Taux de complication à 1 mois	p = 0,1	
9. Huang <i>et al.</i> , 2014, (56) J Thorac Cardiovasc Surg	Etude monocentrique, prospective et observationnelle	87 lobectomies VATS consécutives réalisées par un chirurgien en formation 2 groupes ont été définis : Groupe 1 : 30 premiers cas Groupe 2 : 57 cas suivants	Durée opératoire	p < 0,001	Les performances chirurgicales atteignent un plateau après 30 interventions .
			Pertes sanguines	p = 0,068	
			Moyenne de la durée de drainage	p = 0,090	
			Moyenne de la durée de séjour	p = 0,221	
10. Toker <i>et al.</i> , 2016, (45) Surg Endosc	Etude monocentrique rétrospective	102 résections anatomiques pulmonaires RATS réalisées entre octobre 2011 et décembre 2014 par un chirurgien thoracique 54 lobectomies 46 segmentectomies	Temps de docking	Courbe représentant la durée opératoire (temps de docking, temps de console et durée opératoire) en fonction du nombre d'interventions consécutives Le changement de la pente de la régression définit la CA : Temps de docking : 14 cas Temps de console : 13 cas Durée opératoire totale : 14 cas	La CA totale a été définie par la moyenne de la somme des courbes d'apprentissage individuelles : 14 cas
			Temps de console		
			Durée opératoire totale		

11. Gonfiotti <i>et al.</i> , 2016 , (58) J Cardiothorac Surg	Etude monocentrique rétrospective	Une équipe dédiée (2 séniors et 2 internes) a réalisé 146 résections pulmonaires majeures VATS 2 groupes ont été définis : Groupe A (learning curve): n = 50 (dont 1 segmentectomie) Groupe B: n = 96 (dont 4 segmentectomies)	Durée opératoire	Groupe A: 190,9 ± 41,4 min Vs groupe B: 162 ± 47,4 min p < 0,01	La CA des lobectomies VATS pour une équipe chirurgicale dédiée est égale à 50 interventions.
			Estimation des pertes sanguines	Groupe A: 154 ± 152 mL Vs groupe B: 122 ± 168 mL p = 0,08	
			Taux de conversion	Groupe A: 4 (8,0 %) Vs groupe B: 1 (1,1 %) p = 0,04	
			Nombre de ganglions disséqués	Groupe A: 5,78 ± 0,9 Vs groupe B: 6,55 ± 1,1 p < 0,01	
12. Cheng <i>et al.</i> , 2016 , (49) J Thorac Dis	Etude monocentrique rétrospective	40 segmentectomies uniportales VATS ont été réalisées par 1 chirurgien Les patients ont été divisés chronologiquement en 4 groupes (n=10)	Durée opératoire	p = 0,012	L'analyse CUSUM a démontré qu'après 33 patients, la durée opératoire était plus courte qu'en chirurgie thoroscopique conventionnelle
13. Igai <i>et al.</i> , 2017, (57) Japon, Asian Cardiovasc Thorac Ann	Etude monocentrique, prospective et observationnelle	240 résections pulmonaires VATS réalisées par 2 chirurgiens (segmentectomie et lobectomie) Comparaison entre la période initiale (2 ans, n=93) et la période finale (2 ans, n=147)	Durée opératoire	p = 0,01	Seules la durée opératoire et la durée de séjour diminuaient significativement après la période initiale.
			Pertes sanguines	p = 0,13	
			Saignements abondants	p = 0,13	
			Taux de conversion	p = 0,57	
			Durée de drainage	p = 0,52	
Durée de séjour post-opératoire	p = 0,048				

Partie II : Etude de la courbe d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires robot-assistées

Objectif

Cette étude a pour objectif d'évaluer la courbe d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires robot-assistées et de la valider par une étude médico-économique.

Matériel et Méthodes

1. Type d'étude

Une étude rétrospective et monocentrique a été menée dans l'unité de chirurgie thoracique du CHU de Rouen. L'intégralité des segmentectomies pulmonaires RATS réalisées par un chirurgien entre octobre 2012 (implémentation de la technique dans l'établissement) et décembre 2017 ont été incluses dans l'étude. Les exérèses pulmonaires non RATS (VATS ou thoracotomie), les exérèses pulmonaires RATS autres que les segmentectomies (lobectomies ou résections atypiques) et les interventions non réalisées par le chirurgien de l'étude ont été exclues.

2. Recueil des données

Les données des patients inclus ont été recueillies de manière prospective par le chirurgien et contrôlées par le data manager dans EPITHOR[®] : les données démographiques (âge, sexe, poids, taille, indice de masse corporelle (IMC), le score ASA, l'IPAL, les antécédents et les comorbidités. Les données relatives à l'intervention (date, type d'exérèse, durée opératoire, complications et dispositifs médicaux utilisés), la durée de séjour et les complications post-opératoires classées selon Clavien-Dindo ont également été collectées sur cette base (61,62). Ce recueil a ensuite été complété rétrospectivement par l'analyse des dossiers informatisés (logiciel CDP2 : CPage Dossier Patient 2, Centres d'Etude des Systèmes d'Information Hospitaliers de Bourgogne, version 7.7.2) pour la durée de drainage, la durée de séjour et les médicaments administrés. Les fiches de traçabilité de bloc ont permis de collecter le nombre et la nature des dispositifs médicaux tels que les applicateurs de recharges ou les recharges utilisés. Les paramètres des lésions (taille, histologie et classification TNM) et des ganglions réséqués (nombre, localisation) ont été recueillis sur les comptes rendus d'anatomopathologie informatisés (logiciel CDP2, version 7.7.2).

Les prix d'achat du robot et des dispositifs médicaux ont été fournis par le service Biomédical du CHU de Rouen. Le nombre d'interventions par an a été communiqué par la direction des blocs opératoires du CHU de Rouen.

Le nombre et la nature des instruments Endowrist[®] utilisés au cours des interventions ont été obtenus sur le portail client en ligne d'Intuitive Surgical (<https://www.davincisurgerycommunity.com/>). Les prix marchés TTC au cours de la période de l'étude des dispositifs médicaux à usage unique et réutilisables et des instruments Endowrist[®] ont été extraits du logiciel Pharma[®] (Computer Engineering, version 5.8.7).

3. Technique chirurgicale RATS

Une ventilation pulmonaire par un tube double lumière endobronchial (Carlens) était réalisée. La dissection élective des bronches et des vaisseaux était systématique. Les ganglions hilaires et intralobaires étaient systématiquement disséqués alors que la dissection des ganglions médiastinaux dépendait du stade clinique dans le cas de CBNPC suspectés. Le système chirurgical da Vinci[®] (Intuitive Surgical), modèle Si, a été utilisé pour les segmentectomies RATS. La technique des 3 bras décrite par Dylewski (3 trocarts : 12 mm pour la caméra, 5mm et 8mm pour les instruments) est utilisée avec un trocart de 15 mm pour l'assistant entre le 9^e et le 10^e espace intercostal (63). L'insufflation de CO₂ (5 à 8 mmHg) permettait de faciliter la dissection et d'améliorer l'exposition. Les dissections nettes ont été réalisées grâce à une pince Endowrist[®] bipolaire (Maryland Bipolar Forceps[®] ; Intuitive Surgical) et une pince Endowrist[®] à préhension (Thoracic grasper[®], préhenseur fenêtré ; Intuitive Surgical). Les vaisseaux, les bronches et le plan intersegmentaire ont été divisés successivement par agrafage réalisé par un assistant (interne ou chef de clinique en chirurgie). La pièce opératoire était ensuite extraite dans un sac d'extraction endoscopique à la fin de l'intervention par un élargissement du port de l'assistant. Pour des raisons de sécurité, les clamps vasculaires, le rétracteur costal et la boîte d'instruments conversion stériles étaient toujours disponibles sur la table opératoire.

4. Evaluation de la courbe d'apprentissage

La CA des segmentectomies pulmonaires RATS a été estimée par deux méthodes d'analyse de la durée opératoire : l'analyse CUSUM et l'exponentielle décroissante simple. L'analyse statistique par la méthode CUSUM permet d'établir une représentation graphique de la somme des écarts cumulés entre la moyenne d'un échantillon et une valeur cible. Le point d'inflexion maximal de la courbe permet d'évaluer la CA. L'exponentielle décroissante simple permet de déterminer le nombre d'interventions à réaliser afin d'atteindre le seuil de 80 % de la différence entre la durée opératoire initiale et la durée opératoire finale. La CA est évaluée par ce nombre d'interventions. Ces deux analyses ont été réalisées avec le logiciel R[®] (The R foundation for statistical Computing, version 3.3.1).

5. Méthode statistique

A partir des résultats de l'estimation de la CA par l'analyse CUSUM et l'exponentielle décroissante simple, deux groupes ont été définis : les interventions réalisées avant et après la CA.

Les variables quantitatives sont exprimées en médiane [minimum ; maximum] et comparées par le test non paramétrique de Mann-Whitney. Les variables qualitatives sont exprimées en effectif (n) et en pourcentage. Elles sont comparées par le test du χ^2 ou le test exact de Fisher si les conditions du χ^2 ne sont pas respectées (au moins un des effectifs inférieur à 5). Une valeur de p strictement inférieure à 0,05 est considérée comme statistiquement significative. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R[®] version 3.3.1.

La distribution de la durée de séjour a été représentée schématiquement par une boîte à moustaches ou « boxplot » à l'aide du logiciel R[®] version 3.3.1 (Figure 11).

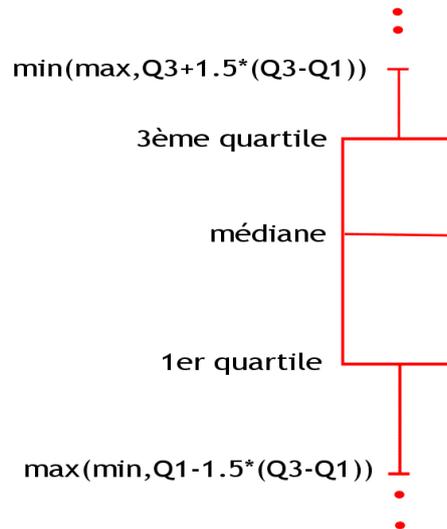


Figure 11 : Exemple de boîte à moustaches (Box & Whiskers)

Le trait inférieur de la boîte correspond à la valeur du premier quartile (Q1) et le trait supérieur à la valeur du troisième quartile (Q3). Le deuxième quartile (Q2), égal à la médiane, est représenté par le trait horizontal à l'intérieur de la boîte. Les deux « moustaches » inférieure et supérieure verticales représentent les valeurs adjacentes déterminées à partir de l'écart interquartile (Q1-Q3). La formule pour calculer la valeur adjacente de la moustache inférieure est : $Q1-1,5*(Q3-Q1)$ et celle pour calculer la valeur adjacente de la moustache supérieure : $Q3+1,5*(Q3-Q1)$.

6. Estimation des coûts de prise en charge

Les coûts de prise en charge pour l'établissement ont été estimés par la méthode de l'Etude Nationale de Coûts (ENC) réajustée associant les coûts mesurés pendant l'étude aux coûts moyens nationaux extraits des référentiels annuels de l'ENC (64). Les ENC sont des enquêtes menées par l'Agence Technique de l'Information Hospitalière (ATIH) et ont pour objectif de calculer les coûts moyens de prise en charge par groupe homogène de malades (GHM). Les GHM de chaque patient inclus ont été fournis par le département d'information médicale (DIM) du CHU de Rouen. Les données relatives aux GHM identifiés pour chaque patient ont été recueillies dans les référentiels de l'ENC des années correspondant aux dates d'intervention. Ces référentiels sont disponibles en ligne (www.scansante.fr).

Les sections d'analyse de la méthode commune de l'ENC sont divisées en deux catégories : les sections d'analyse dont les coûts sont à ventiler à la durée de séjour et les sections d'analyse dont les coûts ne sont pas ventilés à la durée de séjour. L'addition de toutes ces sections permet de déterminer le coût total de prise en charge du point de vue de l'établissement.

Les coûts ventilés à la durée de séjour correspondent aux sections d'analyse « Dépenses cliniques » (DC), « Logistique et Gestion Générale » (LGG), « Logistique Médicale » (LM) et « Structure » (S). Les DC totales sont la somme des DC hors réanimation, soins continus, soins intensifs ($DC_{\text{hors réa, SI, SC}}$), des dépenses de soins continus (DC_{SC}), des dépenses de soins intensifs (DC_{SI}) et des dépenses de réanimation ($DC_{\text{réa}}$). La moyenne nationale des DC journalières est estimée par l'ENC annuellement et pour chaque GHM. Les durées moyennes de séjour nationales (DMS), les durées moyennes du passage en réanimation nationales ($DMS_{\text{réa}}$) sont également estimées par l'ENC. Les DC_{SC} ont été ventilées à la durée de séjour passée dans une unité de soins continus, les DC_{SI} ont été

ventilées à la durée de séjour passée dans une unité de soins intensifs et les $DC_{réa}$ ont été ventilées au nombre de jours passés dans une unité de réanimation. Les $DC_{hors\ réa, SI, SC}$ ont été ventilées à la durée d'hospitalisation hors unité de réanimation, de soins intensifs et de soins continus. Les dépenses LGG, LM et S ont été ventilées à la durée totale de séjour.

La ventilation se fait en multipliant les coûts ventilables par un ratio entre les durées observées (DS) totales (DS_{totale}), de séjour en chirurgie thoracique (DS_{chir}), de séjour en réanimation ($DS_{réa}$), de séjour en soins intensifs (DS_{SI}), de séjour en soins continus (DS_{SC}) et les durées moyennes de séjour dans l'ENC (DMS_{ENC} , DMS_{chir} et $DMS_{réa}$), selon la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{Coûts ventilés} = & [(DC_{hors\ réa, SI, SC} \times DS_{chir})/DMS_{chir}] + [(DC_{réa} \times DS_{réa})/DMS_{réa}] + \\ & [DC_{SC} \times DS_{SC}] + [DC_{SI} \times DS_{SI}] + [(LGG+LM+S) \times DS_{totale})/DMS_{ENC}] \end{aligned}$$

Les coûts non ventilés diffèrent entre les séjours et ne sont pas ventilables à la durée d'hospitalisation. Ils incluent les dépenses médicotechniques (MT) dont le coût moyen national par GHM est fourni par l'ENC. Les coûts d'amortissement du robot ont été estimés et ajoutés à cette section d'analyse. Les charges directes (CD) sont également des coûts non ventilés dont la moyenne par GHM est fournie par l'ENC. Le coût médian des dispositifs médicaux spécifiques des interventions robot-assistées a été évalué par Gondé *et al.* au CHU de Rouen. Il comprend le nécessaire pour le drapage, l'incision, l'aspiration, l'insufflation, la dissection, l'extraction et le drainage, en excluant les instruments Endowrist[®] et les recharges avec applicateurs, et s'élève par intervention à 1 077 € (39). Les dispositifs médicaux utilisés, dont les instruments Endowrist[®] et les recharges avec applicateur, ont été substitués à ceux de l'ENC pour chaque patient inclus. Les coûts liés à l'utilisation du bloc opératoire sont corrélés à la durée opératoire. Ils incluent les dépenses

de personnel, les dépenses médicales et pharmaceutiques, les dépenses générales et hôtelières de bloc ainsi que les dépenses d'anesthésie. Ces coûts ont été calculés par patient en multipliant la durée opératoire par le coût horaire du bloc, fourni par le pôle thorax-vasseaux. Ils ont ensuite été ajoutés au total des coûts non ventilés.

La maintenance annuelle et le prix d'achat du robot et des dispositifs médicaux réutilisables captifs du robot : trocars, cibles d'alignement et endoscopes sont intégrés au calcul du coût lié à l'amortissement. Le coût retenu par intervention pour chaque instrument Endowrist® correspond à son coût d'achat divisé par son nombre d'utilisation maximal.

Le coût lié à l'amortissement à imputer à chaque intervention réalisée au cours de la durée d'amortissement est calculé de la façon suivante :

$$\frac{[\text{Prix d'achat TTC} + (\text{Durée d'amortissement} \times \text{Prix de maintenance annuel})]}{[\text{Nombre d'interventions par an} \times \text{Durée d'amortissement}]}$$

Résultats

Les résultats préliminaires de cette étude ont fait l'objet d'une communication orale au 71^{ème} congrès de la Société Française de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire (Lille, 13-15 Juin 2018) (Annexe 2).

1. Interventions robot-assistées

Le nombre et le type d'interventions RATS réalisées entre 2012 et 2017 dans le service de chirurgie thoracique au CHU de Rouen sont présentés dans la Figure 12. Les données entre parenthèses indiquent le nombre d'interventions réalisées par le chirurgien de l'étude. Au CHU de Rouen, 329 interventions RATS ont été réalisées en 5 ans, dont 185 lobectomies (56 %) et 114 segmentectomies (35 %). Le chirurgien de l'étude a réalisé 92 % des lobectomies et 89 % des segmentectomies.

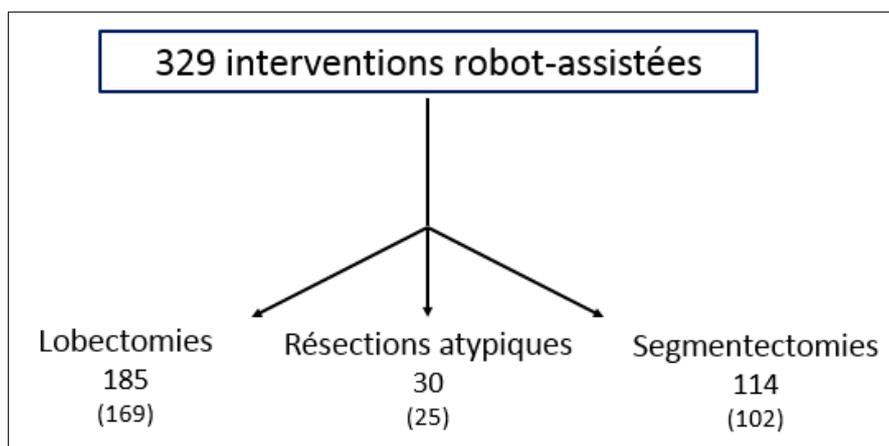


Figure 12 : Interventions RATS au CHU de Rouen entre 2012 et 2017

2. Caractéristiques des patients et des interventions

La description de la population de patients inclus dans l'étude est présentée dans le

Tableau 4.

Tableau 4 : Données démographiques des patients inclus dans l'étude

Effectif		102
Age (années)		63 [57 ; 69]
Sexe		
	hommes	65 (63,7 %)
	femmes	37 (36,3 %)
IMC		24,5 [22 ; 27,5]
Comorbidités		
	tabagisme	45 (44,1 %)
	antécédents cancer	36 (35,3 %)
	hypertension	32 (31,4 %)
	BPCO	14 (13,7 %)
	hypercholestérolémie	12 (11,8 %)
	cardiaques	11 (10,8 %)
	thyroïdiens	10 (9,8 %)
	exposition à l'amiante	9 (8,8 %)
	alcoolisme	8 (7,8 %)
	diabète	8 (7,8 %)
	antécédents vasculaires périphériques	8 (7,8 %)
	respiratoires	6 (5,9 %)
	épisodes dépressifs	4 (3,9 %)
	antécédents vasculaires centraux	3 (2,9 %)
	insuffisance rénale chronique	1 (0,9 %)
Score ASA		
	1	21 (20,6 %)
	2	51 (50,0 %)
	3	25 (24,5 %)
	4	1 (0,9 %)
	inconnu	4 (3,9 %)
Dyspnée		
	0	95 (93,1 %)
	1	2 (1,9 %)
	2	1 (0,9 %)
	inconnu	4 (3,9 %)
IPAL		5,09 % [3,53 ; 7,67]
Indications		
	cancers bronchopulmonaires primitifs	58 (56,8 %)
	non carcinologiques	25 (24,5 %)
	métastases pulmonaires	19 (18,6 %)

Plus de la moitié des patients opérés étaient des hommes. Seuls 5 patients opérés ne présentaient aucune comorbidité et 35% des patients avaient des antécédents de cancers, principalement des tumeurs rénales et colorectales. Plus de 40% des patients présentaient un tabagisme actif ou sevré et plus de 90% ne présentaient pas de dyspnée. La moitié des patients présentaient un score ASA égal à 2. Le score ASA de 4 patients ainsi que le stade de la dyspnée pour 4 patients manquaient aux données recueillies. La médiane de l'IPAL était de 5,09% correspondant à un risque modéré. Plus de 70% des segmentectomies RATS ont été réalisées pour traiter une indication carcinologique, et dans plus de 50% des cas, il s'agissait d'un cancer pulmonaire primitif.

Les localisations des exérèses pulmonaires réalisées sont reportées dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Localisations des exérèses

Poumon Droit		Poumon Gauche	
Lobe supérieur (S1,S2 et S3)	15 (14,7 %)	Culmen (S1, S2 et S3)	25 (24,5 %)
Fowler ou apical (S6)	12 (11,8 %)	Lingula (S4 et S5)	5 (4,9 %)
Pyramide basale (S7, S8, S9 et S10)	18 (17,6 %)	Fowler ou apical(S6)	11 (10,8 %)
Lobe supérieur + Fowler (S2 et S6)	1 (0,9 %)	Pyramide basale (S7, S8, S9 et S10)	15 (14,7 %)
Total	46	Total	56

Quarante-six segmentectomies ont été réalisées sur le poumon droit et cinquante-six sur le poumon gauche. Une double segmentectomie sur le poumon droit a été réalisée au cours d'une intervention avec l'exérèse du lobe supérieur droit S2 et du segment de Fowler ou segment apical S6.

La classification TNM est une classification nationale permettant de se rendre compte du stade d'un cancer. La lettre T est l'initiale de « Tumeur » et correspond à la taille de la tumeur ; la lettre N est l'initiale de « Node » qui signifie ganglion en anglais et indique si des ganglions lymphatiques ont été ou non envahis ; la lettre M est l'initiale de « Métastase » (tumeur formée à partir de cellules cancéreuses qui se sont détachées d'une première tumeur) et signale la présence ou l'absence de métastase. Avant l'intervention, les tumeurs sont classées selon la classification cTNM basée sur la clinique. Après exérèse, l'examen anatomopathologie permet de classer la tumeur selon la classification pTNM. Ces classifications sont présentées dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Classification TNM des cancers bronchiques primitifs

Classification cTNM (n=58)	
cT1N0	n=54 (93 %)
cT2N0	n=3 (5 %)
cT3N0	n=1 (2 %)
Classification pTNM (n=45)	
pT1N0	n=33 (73 %)
pT1N2	n=2 (4 %)
pT2N0	n=7 (16 %)
pT2N1	n=3 (7 %)

Pour 13 patients pour lesquels un cancer broncho-pulmonaire primitif a été détecté, la classification pTNM n'a pas été identifiée dans le dossier patient. La majorité des patients (93 %) avait une tumeur classée cT1N0. Après l'intervention, 73 % des tumeurs retirées ont été classées pT1N0. Le taux d'upstaging, décrivant le changement de stade d'un cancer d'un stade peu invasif à un stade invasif, est égal à 27 % avec un taux d'upstaging ganglionnaire égal à 11 %.

3. Courbes d'apprentissage

3.1 Analyse CUSUM

La moyenne de la durée opératoire des 102 interventions a été calculée (109 minutes) puis les écarts entre la durée opératoire de chaque intervention et cette moyenne ont été calculés. La somme de ces écarts à la moyenne a été représentée en fonction des interventions classées par ordre chronologique (Figure 13).

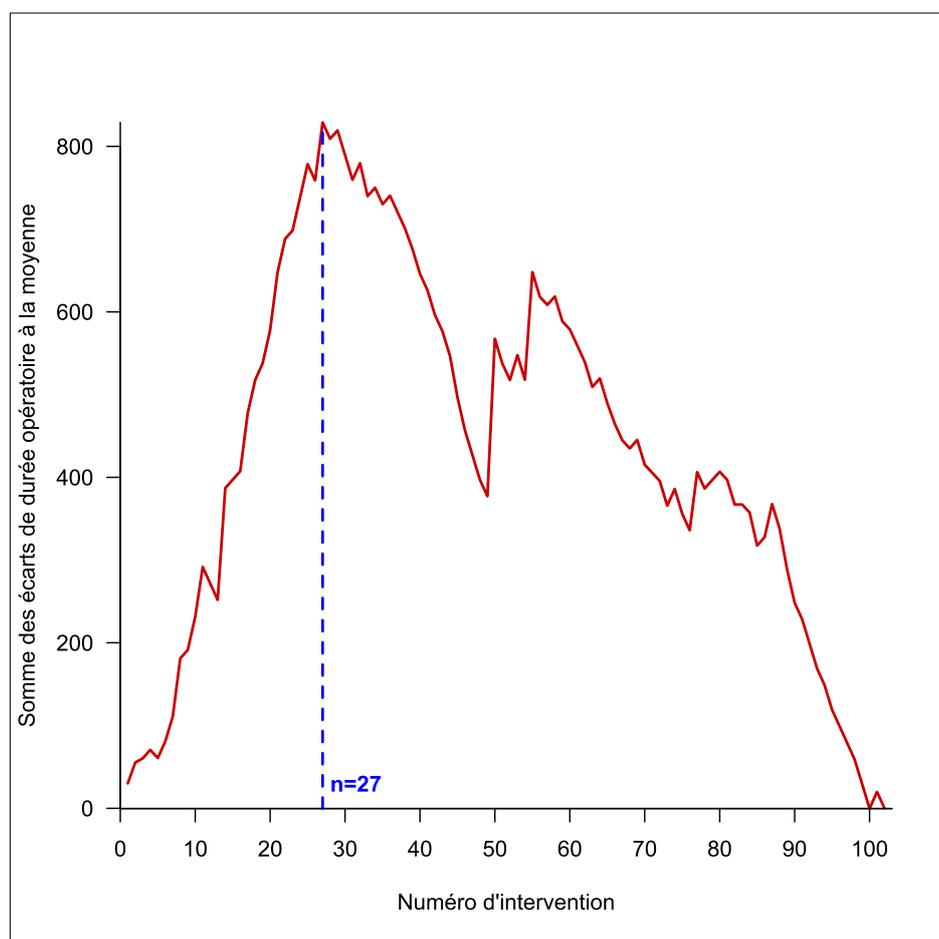


Figure 13 : Analyse CUSUM de la durée opératoire
en fonction du rang de l'intervention

Le point d'inflexion maximal de la courbe, reflétant la fin de la période d'apprentissage du chirurgien est atteint à la 27^{ème} intervention.

3.2 Exponentielle décroissante simple

La durée opératoire de chaque intervention a été représentée en fonction des interventions rangées par ordre chronologique. L'exponentielle décroissante simple permet d'identifier la vitesse d'atteinte du plateau correspondant à la durée opératoire finale (Figure 14).

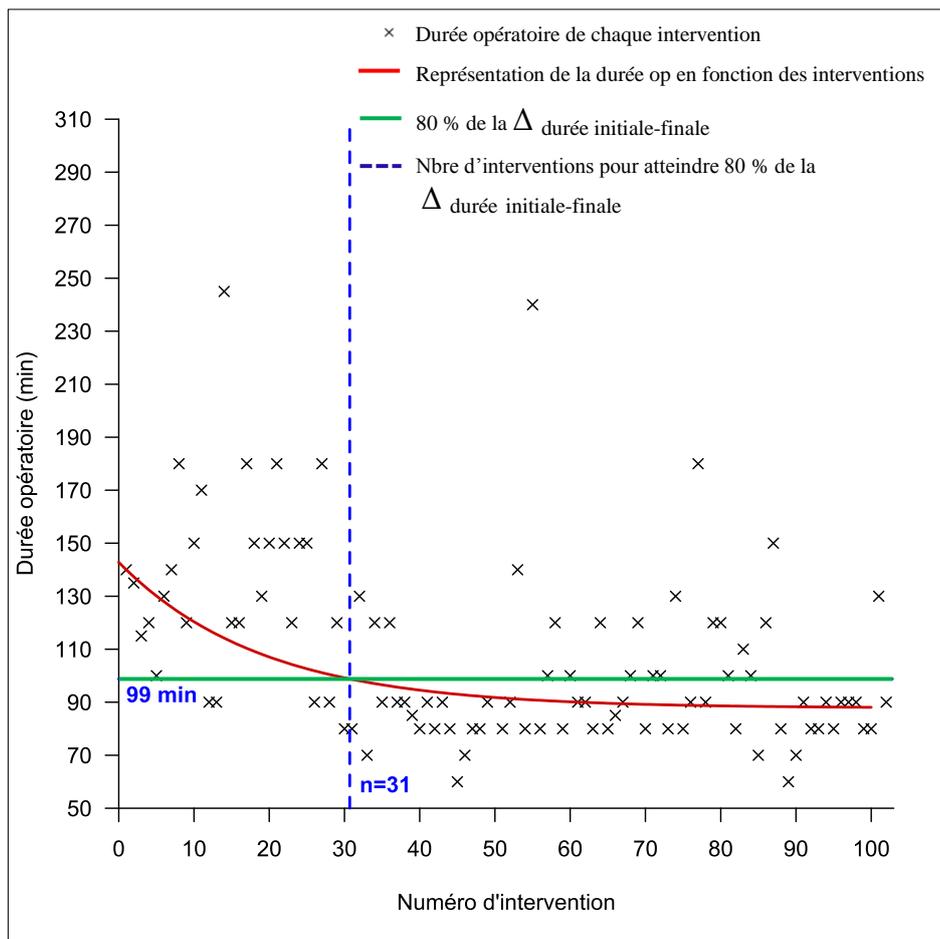


Figure 14 : Exponentielle décroissante simple de la durée opératoire en fonction du rang de l'intervention

La CA est évaluée à la 31^{ème} intervention lorsque le seuil de 80 % de la différence entre la durée opératoire initiale et la durée opératoire finale du plateau (Δ durée initiale-finale), égal à 99 minutes ($T_{80\%}$), est atteint. La durée opératoire diminue significativement après la 31^e intervention ($p < 0,01$).

4. Comparaison des groupes : avant et après la courbe d'apprentissage

Les deux analyses de la CA précédemment décrites ont évalué la CA à respectivement 27 et 31 interventions. Ainsi pour la suite de l'étude, nous avons considéré 30 interventions comme le seuil permettant de définir les deux groupes : avant et après la CA. La comparaison des données démographiques et des données per- et post-opératoires est présentée dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Comparaison des données entre les deux groupes

		CA ↓		
		Avant	Après	p
		n=30	n=72	
Age (années)				
		63,5 [58,5 ; 69,0]	63 [56,8 ; 68,3]	0,729
Sexe				
	hommes	23 (77 %)	42 (58 %)	0,079
	femmes	7 (23 %)	30 (42 %)	
IMC				
		24,3 [22,1 ; 25,6]	24,7 [21,9 ; 27,8]	0,539
Score ASA				
		2 [2 ; 3]	2 [1 ; 2]	0,065
Dyspnée				
		0 [0 ; 0]	0 [0 ; 0]	0,804
IPAL (%)				
		4,77 [3,39 ; 7,05]	5,24 [3,53 ; 8,19]	0,233
Indications				
	cancers bronchopulmonaires primitifs	15 (50 %)	43 (60 %)	0,161
	métastases pulmonaires	9 (30 %)	10 (14 %)	
	non carcinologiques	6 (20 %)	19 (26 %)	
Segmentectomies				
	droites	18 (60 %)	35 (49 %)	0,385
	gauches	12 (40 %)	37 (51 %)	
Durée opératoire (minutes)				
		132,5 [120 ; 150]	90 [80 ; 100]	<0,001
Durée de séjour (jours)				
		5,0 [5,0 ; 7,8]	5,0 [4,0 ; 6,0]	0,009
Durée de drainage (jours)				
		3,0 [2,3 ; 4,0]	3,0 [2,0 ; 4,0]	0,515
Complications tous stades confondus				
		10 (33 %)	12 (16 %)	0,050
Complications selon Clavien-Dindo				
	I : 1 (3 %)	I : 3 (4 %)	0,190	
	II : 9 (30 %)	II : 6 (8 %)		
	IIIa : 0 (0 %)	IIIa : 0 (0 %)		
	IIIb : 0 (0 %)	IIIb : 3 (4 %)		
Conversions				
		2 (7 %)	0 (0 %)	

Au cours des 102 interventions, aucun patient n'est décédé au bloc opératoire. Dans le premier groupe, deux complications per-opératoires sont survenues. Lors de la 11^{ème}

intervention, la segmentectomie a été convertie en segmentectomie élargie par thoracotomie après lâchage de la suture de la branche scissurale dorsale. La seconde complication a eu lieu au cours de la 28^{ème} intervention. Il s'agissait d'une plaie postérieure sur l'artère à destinée du segment apical ou de Fowler avec saignement persistant contrôlé chez un patient ne pouvant pas supporter une thoracotomie.

Aucune différence significative n'existe entre les patients des deux groupes en ce qui concerne l'âge, le sexe, l'IMC. Concernant les facteurs prédictifs des risques péri-opératoires en chirurgie d'exérèse pulmonaire (score ASA, index IPAL et présence ou non d'une dyspnée pré-opératoire), aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les groupes avant et après la CA. Avant et après la CA, la majorité des indications pour la réalisation d'une segmentectomie sont les cancers bronchopulmonaires primitifs, sans différence significative entre les deux groupes dans la répartition des indications.

En ce qui concerne les données péri-opératoires, la durée médiane opératoire diminue significativement de 132,5 à 90 minutes ($p < 0,001$). Une différence significative a également été observée pour la durée médiane de séjour ($p = 0,009$) entre le premier et le second groupe. Bien que la médiane reste égale à 5 jours, la distribution est différente (Figure 15).

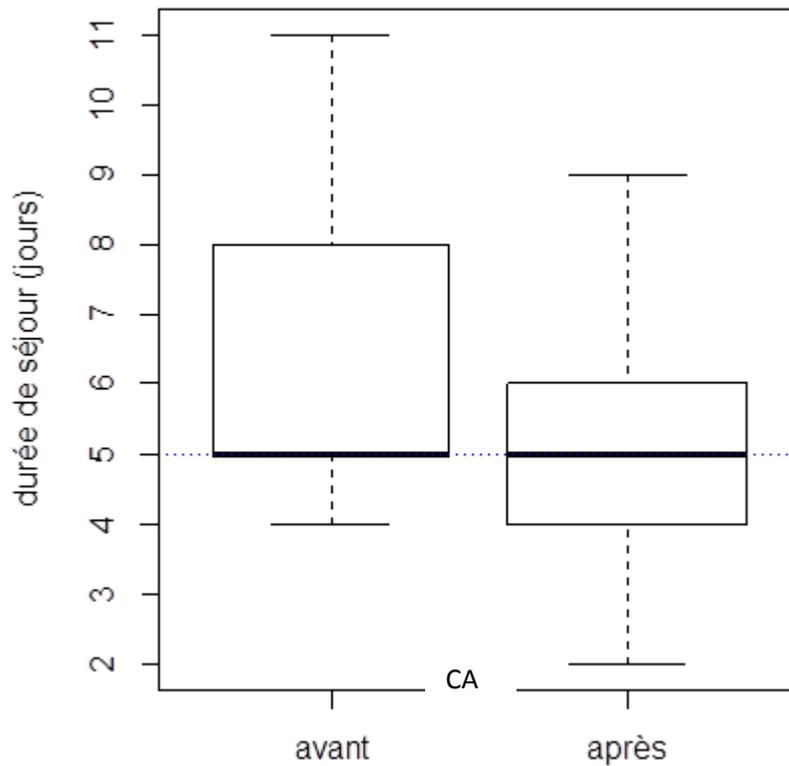


Figure 15 : Boîte à moustaches représentant la distribution de la durée de séjour (Box & Whiskers)

La durée de drainage, de même que les complications post-opératoires, ne diffèrent pas significativement ($p=0,515$ et $p=0,05$ respectivement). Dans le deuxième groupe, trois complications de grade IIIb sont survenues : deux en cours d'hospitalisation (lobectomie pour sténose veineuse et reprise pour fistule bronchique) et une à 3 semaines de l'intervention pour pleurésie purulente.

5. Coûts liés à l'utilisation du robot

L'amortissement du robot da Vinci[®] Si prend en compte l'achat et l'utilisation du matériel captif. La chirurgie robotique nécessite des dispositifs médicaux réutilisables spécifiques. Au CHU de Rouen, le parc comprend 7 optiques, 8 cibles d'alignements et 8 trocarts dont les coûts d'achat sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Dispositifs médicaux réutilisables spécifiques du robot da Vinci[®]
(prix marché TTC)

	Prix d'achat (TTC)		
Optiques			144 480 €
Endoscope robot 8,5 mm 0° (371938)	1	22 560 €	22 560 €
Endoscope robot 8,5 mm 30° (371939)	2	22 560 €	45 120 €
Endoscope robot 12 mm 0° (370890)	3	19 200 €	57 600 €
Endoscope robot 12 mm 30° (370891)	1	19 200 €	19 200 €
Cibles d'alignement			4 800 €
Cible alignement 12 mm 0° et 30° (370678)	5	600 €	3 000 €
Cible alignement 8,5 mm 0° et 30° (371679)	3	600 €	1 800 €
Trocarts			8 040 €
Trocarts de l'endoscope diam 8,5 mm (420260)	3	1 560 €	4 680 €
Trocarts pour instruments (Intuitive Surgical 420002)	5	672 €	3 360 €

Le prix d'achat toutes taxes comprises (TTC) du robot da Vinci[®] Si était égal à 2 040 000 € avec un contrat de maintenance annuel fixé à 150 000 €. La durée de l'amortissement prévue par l'établissement était de 7 ans.

Le coût lié à l'amortissement à imputer à chaque intervention a été calculé à 1 546 € au CHU de Rouen, établissement dans lequel la salle robot est utilisée par plusieurs disciplines chirurgicales permettant ainsi de réaliser 300 interventions robot-assistées annuellement (Tableau 9).

Tableau 9 : Coûts liés à l'amortissement à imputer à chaque intervention

Coût d'amortissement par intervention	1 546 €
Robot	
Prix d'achat TTC	2 040 000 €
Durée d'amortissement	7 ans
Prix de maintenance annuel	150 000 €
Optiques	
	144 480 €
Cibles d'alignement	
	4 800 €
Trocarts	
	8 040 €

La nature et le nombre médian d'instruments Endowrist[®] utilisés par interventions avant et après la CA sont présentés dans le Tableau 10.

Tableau 10 : Nombre et type d'instruments Endowrist[®] utilisés par intervention

CA
↓

	Avant	Après
Instruments Endowrist[®]	n=30	n=72
Maryland Bipolar Forceps	30	72
Prograsp Forceps	11	27
Cadiere Forceps	2	21
5 mm Thoracic Grasper	27	52
Double Fenestrated Grasper	4	5
5 mm Monopolar Cautery	3	0
Hot Shears Monopolar Curved Scissors (MCS)	3	2
Large Needle Driver	3	1
Large Clip Applier	1	2
Permanent Cautery Hook	1	0
5mm Maryland Dissector	1	0
Médiane par intervention	3	2

Avant la phase d'apprentissage, le nombre médian d'instruments Endowrist[®] utilisés par interventions est égal à trois. Après la CA, deux instruments en médiane sont utilisés par intervention. Les instruments les plus souvent utilisés au cours d'une intervention sont la maryland Bipolar Forceps, la Prograsp Forceps, la Cadiere Forceps et la Thoracic Grasper.

Le coût horaire de la salle robot a été calculé comme explicité dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Calcul du coût horaire de la salle robot

	Dépenses totale / 292 interventions	Dépenses totales / intervention (5 heures)	Coût horaire de la salle robot
Total	743 765 €	2 547 €	509 €

Le coût horaire de la salle robot au CHU de Rouen a été calculé à partir des coûts constatés sur l'année 2016 au cours de laquelle 292 interventions ont été réalisées. En considérant les dépenses de personnel médical et paramédical, les dépenses médicales et pharmaceutiques de bloc, les dépenses d'anesthésie ainsi que les dépenses de structure et hôtelières de bloc, le coût horaire de la salle robot a été calculé à 509 €.

6. Comparaison des coûts entre les groupes : avant et après la courbe d'apprentissage

Les coûts avant et après la CA sont détaillés dans le Tableau 12.

Tableau 12 : Comparaison des coûts médians avant et après la CA

(Δ est la différence entre les coûts avant et après la CA)

	CA ↓			
	Avant	Après	Δ	p
	n=30	n=72		
Coûts totaux				
	12 885 € [12 058 ; 16 831]	11 206 € [10 406 ; 13 158]	1 679 €	0,002
Coûts ventilés				
	2 227 € [2 061 ; 3 470]	1 964 € [1 669 ; 2 791]	263 €	0,005
Coûts non ventilés				
	10 488 € [9 832 ; 12 690]	9 446 € [8 737 ; 10 596]	1 042 €	0,001

Les coûts ventilés à la durée de séjour sont significativement diminués entre les deux groupes ($p=0,005$). Les coûts non ventilés baissent significativement après la CA ($p=0,001$). Les coûts de prise en charge totaux estimés sont également significativement diminués après la CA ($p=0,002$), avec une différence égale à 1 679 €.

Discussion

La CA constitue une évaluation des compétences nécessaires à la maîtrise optimale d'une procédure chirurgicale (47). L'expérience en chirurgie d'exérèse pulmonaire RATS a permis de mettre en évidence un apprentissage rapide (65). L'évaluation de la CA est importante lors de l'implémentation d'une technique chirurgicale, d'un point de vue logistique mais aussi financier. Cependant la définition et les méthodes d'évaluation de la CA ne sont pas consensuelles. Concernant la CA des segmentectomies pulmonaires RATS, celle-ci a peu été évaluée dans la littérature.

Dans notre étude, nous avons évalué la CA des segmentectomies pulmonaires RATS réalisées selon le même protocole, par un chirurgien à 30 interventions. Une étude comparative médico-économique a permis de valider ce résultat et a mis en évidence une diminution du coût par segmentectomie après la période d'apprentissage égal à 1 679 €.

En l'absence de consensus établi pour évaluer la CA, nous avons décidé de confronter les résultats de deux méthodes d'analyse : l'analyse CUSUM, déjà décrite dans la littérature en chirurgie, et l'exponentielle décroissante simple. La durée opératoire a été la donnée péri-opératoire choisie dans notre étude pour évaluer la CA en raison de sa sensibilité précoce aux variations et de son utilisation presque systématique pour l'analyse de la CA en chirurgie.

L'analyse CUSUM a été utilisée au début du XX^e siècle dans les contrôles de qualité industrielle (66). Elle permet dans notre cas de convertir des données opératoires brutes en écarts cumulés à la moyenne de l'échantillon, dans un ordre chronologique. Déjà utilisée en urologie, en gastrologie et en gynécologie pour évaluer la CA depuis les années 1970, les

chirurgiens ont adopté cette méthode comme contrôle qualité pour suivre leurs performances et valider une compétence (46,66,67). Cependant, la moyenne de la durée opératoire n'est pas stable durant la phase d'apprentissage. Elle est calculée à partir de la totalité des données de l'échantillon et dépend ainsi du nombre d'interventions, ce qui complique l'interprétation de l'analyse et limite la reproductibilité des résultats. Cette moyenne est d'autant plus proche de la valeur de stabilisation que le nombre d'observations est important. La segmentectomie RATS est une technique chirurgicale récente et la CA a été étudiée sur des effectifs restreints de 24 à 49 interventions (39,45,68). Dans notre étude, un effectif plus important (102 interventions) permet de limiter ce biais. Du fait des limites de l'utilisation de l'analyse CUSUM en chirurgie, nous avons décidé d'analyser la durée opératoire avec une autre méthode, l'exponentielle décroissante simple, et de confronter les résultats.

Le modèle exponentiel décroissant est basé sur 3 paramètres théoriques et des hypothèses sur les fluctuations aléatoires. Toute opération est censée avoir une durée dépendant de l'expérience du chirurgien (moyenne théorique à ce niveau d'expérience) et un écart à cette durée, plus ou moins grand, dépendant de la variabilité des caractéristiques du patient, du chirurgien et des fluctuations dues au hasard. Ces fluctuations aléatoires sont supposées avoir une moyenne nulle. La moyenne dépendant de l'expérience du chirurgien est modélisée à partir de trois paramètres théoriques qui sont la durée opératoire initiale (durée moyenne attendue de la 1^{ère} intervention, qui ne correspond pas forcément à la durée observée), la durée moyenne opératoire à stabilisation (lorsque le plateau est atteint) et la vitesse d'atteinte du seuil permettant de déterminer la CA. Cette méthode semble donc être adaptée pour l'évaluation de la CA en chirurgie puisqu'elle prend en compte les fluctuations relatives à l'apprentissage du chirurgien. La CA évaluée par cette méthode était similaire à celle évaluée par l'analyse CUSUM (respectivement 31 et 27

interventions). Nous avons donc décidé de fixer le seuil de la CA à 30 interventions. Toker *et al.* ont évalué la CA des segmentectomies (45 %) associées aux lobectomies (53 %) à 14 interventions, à partir de la seule durée opératoire. Ce chiffre semble plutôt correspondre à un complément de la période d'apprentissage pour les résections pulmonaires qu'à la CA, atteinte après 20 interventions (45).

Le résultat de la CA issu de ces deux méthodes a ensuite été renforcé par une étude comparative médico-économique entre le premier groupe de la période d'apprentissage et le groupe mature, après la période d'apprentissage. Les populations des deux groupes étaient homogènes en termes de caractéristiques démographiques et de risques péri-opératoires. Une différence significative a été mise en évidence entre les résultats péri-opératoires des deux groupes : la durée opératoire ($p < 0,001$) et la durée de drainage ($p = 0,009$). Les coûts de prise en charge estimés ont également diminué significativement avant et après la CA ($p = 0,002$).

Le coût d'une lobectomie a déjà été étudié dans la littérature, contrairement à celui de la segmentectomie. Gondé *et al.* ont mené entre 2014 et 2015 une étude au CHU de Rouen incluant à la fois des lobectomies ($n = 39$) et des segmentectomies ($n = 18$) RATS réalisées avec la technique des 3 bras. Ils ont estimé le coût médian d'une intervention à 10 972 € (39). Ce coût a été calculé avec la méthode de micro-costing, « gold standard » pour l'estimation des coûts. Notre travail, incluant la période de l'étude de Gondé *et al.*, a donc repris ses résultats pour les coûts médians des dispositifs médicaux spécifiques des interventions robot-assistées utilisés systématiquement. La méthode d'estimation des coûts retenue pour notre étude, différente de celles présentées précédemment, est la méthode de l'ENC réajustée. Elle permet d'identifier l'ensemble des coûts mis en œuvre pour la prise en charge des patients, dépendants de la procédure chirurgicale. En effet, les services hospitaliers de comptabilité analytique ne fournissent le plus souvent que les coûts moyens

par unité et non les coûts selon les procédures chirurgicales. Particulièrement adaptée à l'analyse économique de techniques chirurgicales, cette méthode a déjà été utilisée pour déterminer la rentabilité d'un remplacement valvulaire aortique percutané et pour évaluer l'impact économique d'une activité de rythmologie interventionnelle (64,69).

Avec ces données, nous avons estimé le coût total médian d'une segmentectomie après la courbe d'apprentissage à 11 206 €. La courbe d'apprentissage, donc la 30^e intervention incluse dans notre étude, a été réalisée entre 2014 et 2015 soit pendant l'étude de Gondé *et al.* Nous avons fait le choix de comparer le coût total médian après la CA, et non celui avant CA, au coût de l'étude de Gondé *et al.* puisque les premières interventions robot-assistées ont été réalisées en 2012, soit plus de deux ans avant le début de son étude. Lors de l'implémentation d'une technique, la période d'apprentissage est augmentée en raison d'un nombre d'interventions annuel plus faible en début de formation. La différence de coûts avec l'étude de Gondé *et al.* peut être expliquée par l'inclusion des lobectomies, techniquement plus faciles à réaliser que les segmentectomies. Il en résulte une diminution de la durée opératoire et du coût des dispositifs médicaux.

Ces coûts élevés en chirurgie robotique peuvent être expliqués par le monopole détenu par Intuitive Surgical avec les robots da Vinci[®] sur le marché de la chirurgie laparoscopique depuis les 20 dernières années (37). L'avènement de nouveaux robots tels que (TransEnterix[®], Medrobotics[®], *etc.*) pourrait diminuer les coûts d'achat et augmenter l'assistance réduisant ainsi la durée opératoire.

Les coûts totaux médians par segmentectomies ont diminué significativement de 1 679€ (p=0,002) après la CA. Après 30 interventions, les coûts ventilés à la durée de séjour et les coûts non ventilés médians ont également diminué significativement par intervention de 263 € (p=0,005) et de 1 042 € (p=0,001) respectivement.

La baisse des coûts ventilés est certainement due à la diminution significative de la durée de séjour après 30 interventions (5 jours ; $p=0,009$). D'autres auteurs ont décrit une durée de séjour inférieure à celle de notre étude (3 jours) pour les segmentectomies RATS (29). Cette différence peut être expliquée par la prise en charge des patients au CHU de Rouen historiquement la veille de l'intervention, incrémentant systématiquement une journée d'hospitalisation à la durée de séjour totale.

La baisse des coûts non ventilés peut être expliquée en partie par le nombre médian d'instruments Endowrist[®] utilisés par intervention diminuant après 30 interventions (3 Vs 2). Le chirurgien, avec la maîtrise de la technique, sait choisir l'instrument le mieux adapté à chaque étape de la procédure. D'autre part, la mutualisation du plateau technique, ayant l'avantage d'optimiser le robot da Vinci[®], permet de réduire les coûts liés à l'amortissement. Enfin, la diminution de la durée opératoire de 42,5 minutes ($p<0,001$) après la CA permet également de réduire les coûts non ventilés. Une étude ayant inclus 29 segmentectomies RATS réalisées par plusieurs chirurgiens, a reporté une durée opératoire médiane de 172 [115-224] minutes (68). Cerfolio *et al.* ont observé une durée opératoire médiane pour 100 segmentectomies RATS, réalisées par un seul opérateur, égale à 88 minutes [46 ; 205] (29). Dans notre étude la durée opératoire médiane, incluant le temps de « docking », est de 132,5 minutes [120 ; 150] avant la CA, donc supérieure aux données de la littérature. Cependant, après la période d'apprentissage, elle est égale à 90 minutes [80 ; 100] se rapprochant donc des données rapportées dans la littérature. Les différences de résultats entre les études peuvent être expliquées par la variabilité liée à l'équipe paramédicale qui réalise l'étape de « docking » dont le temps de réalisation peut être réduit avec l'expérience de l'équipe paramédicale. D'autre part, la variabilité liée au chirurgien peut également expliquer ces différences. En effet, la durée opératoire dépendant de l'apprentissage de l'opérateur, les

données peuvent différer en fonction du nombre et de l'expérience du ou des chirurgien(s) ayant participé à ces études.

La limite principale de cette étude est le caractère rétrospectif d'une partie de son recueil. Bien que l'intégralité des interventions réalisées pendant la période de l'étude aient été incluses, les données relatives à ces interventions ne sont pas exhaustives. En effet, certaines données telles que le nombre et la nature des instruments Endowrist[®] ou le nombre de recharges manquaient au recueil et ont dû être remplacées.

Cette étude évalue l'apprentissage d'un seul chirurgien plutôt que de l'équipe médicale ou paramédicale. Nous avons fait ce choix afin d'éliminer la variabilité interindividuelle, le chirurgien de l'étude étant celui ayant réalisé le plus grand nombre de segmentectomies RATS dans l'établissement (89 %).

Le déroulement de l'étude sur plusieurs années doit prendre en compte l'évolution des pratiques chirurgicales et de la prise en charge globale des patients pour l'interprétation des données péri-opératoires et des coûts. En effet, la maîtrise de la technique par le chirurgien ne permet pas, à elle seule, d'expliquer les résultats. L'évolution des pratiques, avec le développement récent de la chirurgie ambulatoire et la volonté de réduire les durées d'hospitalisation, doivent également être prise en considération. D'autre part, l'utilisation en routine de l'imagerie 3D la dernière année de l'étude, pourrait avoir influé sur la durée opératoire en surmontant les difficultés liées à la variabilité anatomique (70).

En dernier lieu, ce travail ne permet pas d'évaluer la qualité du geste chirurgical : rentabilité pour la chirurgie diagnostique, qualité oncologique de l'exérèse pulmonaire (upstaging ganglionnaire, récurrences locales et à distance). Cette analyse est nécessaire pour l'évaluation de cette nouvelle pratique chirurgicale comme souhaitent le faire les deux études nord-américaine et japonaise en cours (26,27).

Conclusion

La courbe d'apprentissage des segmentectomies RATS est évaluée à 30 interventions par des méthodes d'évaluation classiques. Ce résultat est validé par une étude médico-économique complète renforçant ces méthodes d'évaluation.

Ce type d'analyse médico-économique va devenir une donnée importante pour les établissements de santé lors de l'implémentation d'une nouvelle procédure. Elle pourrait même devenir la référence dans l'évaluation réelle de la courbe d'apprentissage.

D'autre part, l'introduction de nouvelles techniques opératoires représente un coût important pour un établissement de santé et les sources de financement doivent être discutées en amont avec les différents acteurs de soins : cliniciens, pharmaciens et administratifs.

Il est cependant difficile de savoir si cette prise en charge moderne des lésions précoces du cancer pulmonaire est « rentable » pour un établissement de santé, même après la courbe d'apprentissage.

D'autre part, l'étude des données péri-opératoires ne permet pas d'évaluer la qualité de la segmentectomie en termes de marge dans la prise en charge du cancer. La perspective serait de mener une étude comparative du taux de survie et de récurrence à 5 ans avant et après la CA.

Bibliographie

1. Rinieri P, Peillon C, Salaün M, Mahieu J, Bubenheim M, Baste J-M. Perioperative outcomes of video- and robot-assisted segmentectomies. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2016;24(2):145–51.
2. Cao J, Yuan P, Wang Y, Xu J, Yuan X, Wang Z, et al. Survival Rates After Lobectomy, Segmentectomy, and Wedge Resection for Non-Small Cell Lung Cancer. *Ann Thorac Surg.* 2018;105(5):1483–91.
3. Deen SA, Wilson JL, Wilshire CL, Vallières E, Farivar AS, Aye RW, et al. Defining the cost of care for lobectomy and segmentectomy: a comparison of open, video-assisted thoracoscopic, and robotic approaches. *Ann Thorac Surg.* 2014;97(3):1000–7.
4. Nakazawa S, Shimizu K, Mogi A, Kuwano H. VATS segmentectomy: past, present, and future. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;66(2):81–90.
5. Nakata M, Saeki H, Yokoyama N, Kurita A, Takiyama W, Takashima S. Pulmonary function after lobectomy: video-assisted thoracic surgery versus thoracotomy. *Ann Thorac Surg.* 2000;70(3):938–41.
6. Papiashvili M, Stav D, Cyjon A, Haitov Z, Gofman V, Bar I. Lobectomy for non-small cell lung cancer: differences in morbidity and mortality between thoracotomy and thoracoscopy. *Innov Phila Pa.* 2012;7(1):15–22.
7. Raman V, Yang C-FJ, Deng JZ, D’Amico TA. Surgical treatment for early stage non-small cell lung cancer. *J Thorac Dis.* 2018;10(Suppl 7):S898–904.
8. Demmy TL, Curtis JJ. Minimally invasive lobectomy directed toward frail and high-risk patients: a case-control study. *Ann Thorac Surg.* 1999;68(1):194–200.
9. Nomori H, Ohtsuka T, Horio H, Naruke T, Suemasu K. Difference in the impairment of vital capacity and 6-minute walking after a lobectomy performed by thoracoscopic surgery, an anterior limited thoracotomy, an anteroaxillary thoracotomy, and a posterolateral thoracotomy. *Surg Today.* 2003;33(1):7–12.

10. Li X, Wang J, Ferguson MK. Competence versus mastery: the time course for developing proficiency in video-assisted thoracoscopic lobectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;147(4):1150–4.
11. Kent M, Wang T, Whyte R, Curran T, Flores R, Gangadharan S. Open, video-assisted thoracic surgery, and robotic lobectomy: review of a national database. *Ann Thorac Surg.* 2014;97(1):236–42.
12. Flores RM, Park BJ, Dycoco J, Aronova A, Hirth Y, Rizk NP, et al. Lobectomy by video-assisted thoracic surgery (VATS) versus thoracotomy for lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;138(1):11–8.
13. Veronesi G, Park B, Cerfolio R, Dylewski M, Toker A, Fontaine JP, et al. Robotic resection of Stage III lung cancer: an international retrospective study. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* 2018.
14. Seder CW, Salati M, Kozower BD, Wright CD, Falcoz P-E, Brunelli A, et al. Variation in Pulmonary Resection Practices Between The Society of Thoracic Surgeons and the European Society of Thoracic Surgeons General Thoracic Surgery Databases. *Ann Thorac Surg.* 2016;101(6):2077–84.
15. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, Meyers WC. Robotic surgery: a current perspective. *Ann Surg.* 2004;239(1):14–21.
16. Leschber G, Holinka G, Linder A. Video-assisted mediastinoscopic lymphadenectomy (VAMLA) – a method for systematic mediastinal lymphnode dissection. *Thorac Surg.* 2018.
17. Rosiek A, Leksowski K. Technology advances in hospital practices: robotics in treatment of patients. *Technol Cancer Res Treat.* 2015;14(3):270–6.
18. Louie BE, Farivar AS, Aye RW, Vallières E. Early experience with robotic lung resection results in similar operative outcomes and morbidity when compared with matched video-assisted thoracoscopic surgery cases. *Ann Thorac Surg.* 2012;93(5):1598–604.

19. Kneuert PJ, D'Souza DM, Moffatt-Bruce SD, Merritt RE. Robotic lobectomy has the greatest benefit in patients with marginal pulmonary function. *J Cardiothorac Surg.* 2018;13(1):56.
20. Demir A, Ayalp K, Ozkan B, Kaba E, Toker A. Robotic and video-assisted thoracic surgery lung segmentectomy for malignant and benign lesions. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2015;20(3):304–9.
21. Nguyen P. Towards lung preservation in curative surgical treatment of early stage non-small cell lung cancer: Editorial. *Respirology.* 2018;23(7):648–9.
22. Ginsberg RJ, Rubinstein LV. Randomized trial of lobectomy versus limited resection for T1 N0 non-small cell lung cancer. Lung Cancer Study Group. *Ann Thorac Surg.* 1995;60(3):615–22.
23. Hennon M, Landreneau RJ. Role of Segmentectomy in Treatment of Early-Stage Non-Small Cell Lung Cancer. *Ann Surg Oncol.* 2018;25(1):59–63.
24. Atkins BZ, Harpole DH, Mangum JH, Toloza EM, D'Amico TA, Burfeind WR. Pulmonary segmentectomy by thoracotomy or thoracoscopy: reduced hospital length of stay with a minimally-invasive approach. *Ann Thorac Surg.* 2007;84(4):1107–12.
25. Nomori H, Shiraishi A, Cong Y, Sugimura H, Mishima S. Differences in postoperative changes in pulmonary functions following segmentectomy compared with lobectomy. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* 2018;53(3):640–7.
26. Nakamura K, Saji H, Nakajima R, Okada M, Asamura H, Shibata T, et al. A phase III randomized trial of lobectomy versus limited resection for small-sized peripheral non-small cell lung cancer (JCOG0802/WJOG4607L). *Jpn J Clin Oncol.* 2010;40(3):271–4.
27. Comparison of Different Types of Surgery in Treating Patients With Stage IA Non-Small Cell Lung Cancer. Available from: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT00499330>

28. Ikeda N, Yoshimura A, Hagiwara M, Akata S, Saji H. Three dimensional computed tomography lung modeling is useful in simulation and navigation of lung cancer surgery. *Ann Thorac Cardiovasc Surg Off J Assoc Thorac Cardiovasc Surg Asia*. 2013;19(1):1–5.
29. Cerfolio RJ, Watson C, Minnich DJ, Calloway S, Wei B. One Hundred Planned Robotic Segmentectomies: Early Results, Technical Details, and Preferred Port Placement. *Ann Thorac Surg*. 2016;101(3):1089–95.
30. Toker A, Ayalp K, Uyumaz E, Kaba E, Demirhan O, Erus S. Robotic lung segmentectomy for malignant and benign lesions. *J Thorac Dis*. 2014;6(7):937–42.
31. Oleynikov D. Robotic surgery. *Surg Clin North Am*. 2008;88(5):1121–30.
32. Leal Ghezzi T, Campos Corleta O. 30 Years of Robotic Surgery. *World J Surg*. 2016;40(10):2550–7.
33. Camarillo DB, Krummel TM, Salisbury JK. Robotic technology in surgery: past, present, and future. *Am J Surg*. 2004;188(4A Suppl):2S-15S.
34. Van Koughnett JA, Jayaraman S, Eagleson R, Quan D, van Wynsberghe A, Schlachta CM. Are there advantages to robotic-assisted surgery over laparoscopy from the surgeon’s perspective? *J Robot Surg*. 2009;3(2):79–82.
35. Woo Y, Choi GH, Min BS, Hyung WJ. Novel application of simultaneous multi-image display during complex robotic abdominal procedures. *BMC Surg*. 2014;14:13.
36. Le Moal J, Peillon C, Dacher J-N, Baste J-M. Three-dimensional computed tomography reconstruction for operative planning in robotic segmentectomy: a pilot study. *J Thorac Dis*. 2018;10(1):196–201.
37. Rao PP. Robotic surgery: new robots and finally some real competition! *World J Urol*. 2018;36(4):537–41.
38. Baek S-J, Kim S-H. Robotics in general surgery: an evidence-based review. *Asian J Endosc Surg*. 2014;7(2):117–23.

39. Gondé H, Laurent M, Gillibert A, Sarsam O-M, Varin R, Grimandi G, et al. The affordability of minimally invasive procedures in major lung resection: a prospective study. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2017;25(3):469–75.
40. Sng KK, Hara M, Shin J-W, Yoo B-E, Yang K-S, Kim S-H. The multiphasic learning curve for robot-assisted rectal surgery. *Surg Endosc*. 2013;27(9):3297–307.
41. Wei B, Cerfolio RJ. Robotic Lobectomy and Segmentectomy: Technical Details and Results. *Surg Clin North Am*. 2017;97(4):771–82.
42. Barbash GI, Glied SA. New technology and health care costs--the case of robot-assisted surgery. *N Engl J Med*. 2010;363(8):701–4.
43. Emmert A, Straube C, Buentzel J, Roever C. Robotic versus thoracoscopic lung resection: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(35):e7633.
44. Morelli L, Guadagni S, Lorenzoni V, Di Franco G, Cobuccio L, Palmeri M, et al. Robot-assisted versus laparoscopic rectal resection for cancer in a single surgeon's experience: a cost analysis covering the initial 50 robotic cases with the da Vinci Si. *Int J Colorectal Dis*. 2016;31(9):1639–48.
45. Toker A, Özyurtkan MO, Kaba E, Ayalp K, Demirhan Ö, Uyumaz E. Robotic anatomic lung resections: the initial experience and description of learning in 102 cases. *Surg Endosc*. 2016;30(2):676–83.
46. Yamaguchi T, Kinugasa Y, Shiomi A, Sato S, Yamakawa Y, Kagawa H, et al. Learning curve for robotic-assisted surgery for rectal cancer: use of the cumulative sum method. *Surg Endosc*. 2015;29(7):1679–85.
47. Meyer M, Gharagozloo F, Tempesta B, Margolis M, Strother E, Christenson D. The learning curve of robotic lobectomy. *Int J Med Robot Comput Assist Surg MRCAS*. 2012;8(4):448–52.
48. Bibi S, Rahnemai-Azar AA, Coralic J, Bayoumi M, Khorsand J, Farkas DT, et al. Single-Site Robotic Cholecystectomy: The Timeline of Progress. *World J Surg*. 2015;39(10):2386–91.

49. Cheng K, Zheng B, Zhang S, Zheng W, Guo Z, Zhu Y, et al. Feasibility and learning curve of uniportal video-assisted thoracoscopic segmentectomy. *J Thorac Dis.* 2016;8(Suppl 3):S229-234.
50. Wan IYP, Thung KH, Hsin MKY, Underwood MJ, Yim APC. Video-assisted thoracic surgery major lung resection can be safely taught to trainees. *Ann Thorac Surg.* 2008;85(2):416–9.
51. Ferguson J, Walker W. Developing a VATS lobectomy programme--can VATS lobectomy be taught? *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* 2006;29(5):806–9.
52. Konge L, Petersen RH, Hansen HJ, Ringsted C. No extensive experience in open procedures is needed to learn lobectomy by video-assisted thoracic surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;15(6):961–5.
53. Billè A, Okiror L, Karenovics W, Choudhuri D, Routledge T. Thoracoscopic lobectomy: is a training program feasible with low postoperative morbidity? *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;61(7):409–13.
54. Zhao H, Bu L, Yang F, Li J, Li Y, Wang J. Video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy for lung cancer: the learning curve. *World J Surg.* 2010;34(10):2368–72.
55. Gonzalez D, de la Torre M, Paradela M, Fernandez R, Delgado M, Garcia J, et al. Video-assisted thoracic surgery lobectomy: 3-year initial experience with 200 cases. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* 2011;40(1):e21-28.
56. Huang C-L, Liu C-C, Cheng C-Y, Lin C-H, Wu Y-C, Wang B-Y. Learning thoracoscopic lobectomy in resident training. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;62(8):690–5.
57. Igai H, Kamiyoshihara M, Ibe T, Kawatani N, Osawa F, Yoshikawa R. Troubleshooting for bleeding in thoracoscopic anatomic pulmonary resection. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2017;25(1):35–40.
58. Gonfiotti A, Bongiolatti S, Borgianni S, Borrelli R, Jaus MO, Politi L, et al. Development of a video-assisted thoracoscopic lobectomy program in a single

- institution: results before and after completion of the learning curve. *J Cardiothorac Surg.* 2016;11(1):130.
59. Cho S, Do YW, Lee EB. Comparison of costs for video-assisted thoracic surgery lobectomy and open lobectomy for non-small cell lung cancer. *Surg Endosc.* 2011;25(4):1054–61.
 60. Mazzon G, Sridhar A, Busuttill G, Thompson J, Nathan S, Briggs T, et al. Learning Curves for Robotic Surgery: a Review of the Recent Literature. *Curr Urol Rep.* 2017;18(11):89.
 61. Dindo D, Demartines N, Clavien P-A. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg.* 2004;240(2):205–13.
 62. Rivera C, Bernard A, Falcoz P-E, Thomas P, Schmidt A, Bénard S, et al. Characterization and prediction of prolonged air leak after pulmonary resection: a nationwide study setting up the index of prolonged air leak. *Ann Thorac Surg.* 2011;92(3):1062–8.
 63. Dylewski MR, Ohaeto AC, Pereira JF. Pulmonary resection using a total endoscopic robotic video-assisted approach. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;23(1):36–42.
 64. Maillard N, Buffenoir-Billet K, Hamel O, Lefranc B, Sellal O, Surer N, et al. A cost-minimization analysis in minimally invasive spine surgery using a national cost scale method. *Int J Surg Lond Engl.* 2015;15:68–73.
 65. Hernandez JM, Humphries LA, Keeling WB, Golkar F, Dimou F, Garrett J, et al. Robotic lobectomy: flattening the learning curve. *J Robot Surg.* 2012;6(1):41–5.
 66. Williams AK, Chalasani V, Martínez CH, Osbourne E, Stitt L, Izawa JI, et al. Cumulative summation graphs are a useful tool for monitoring positive surgical margin rates in robot-assisted radical prostatectomy. *BJU Int.* 2011;107(10):1648–52.
 67. Yaribakht S, Guillemin F, Harter V, Malartic C, Marchal F. [New approach of learning curve for robotic-assisted gynecologic oncology surgery]. *Gynecol Obstet Fertil.* 2015;43(5):348–55.

68. Casiraghi M, Galetta D, Borri A, Tessitore A, Romano R, Diotti C, et al. Ten Years' Experience in Robotic-Assisted Thoracic Surgery for Early Stage Lung Cancer. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2018.
69. Huchet F, d'Acremont F, Letocart V, Guerin P, Grimandi G, Manigold T. Is transcatheter aortic valve replacement a profitable procedure in a high-volume French hospital? *Arch Cardiovasc Dis.* 2018.
70. Baste JM, Soldea V, Lachkar S, Rinieri P, Sarsam M, Bottet B, et al. Development of a precision multimodal surgical navigation system for lung robotic segmentectomy. *J Thorac Dis.* 2018;10(Suppl 10):S1195–204.
71. Ra YJ, Ahn HY, Kim MS. Learning Curve of a Young Surgeon's Video-assisted Thoracic Surgery Lobectomy during His First Year Experience in Newly Established Institution. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;45(3):166–70.
72. Augustin F, Bodner J, Maier H, Schwinghammer C, Pichler B, Lucciarini P, et al. Robotic-assisted minimally invasive vs. thoracoscopic lung lobectomy: comparison of perioperative results in a learning curve setting. *Langenbecks Arch Surg.* 2013;398(6):895–901.

Annexes

Annexe 1 : Revue de la littérature des articles étudiant la CA des exérèses pulmonaires

Auteur, date, Journal	Type d'étude	Groupe de patients		Résultats
Ferguson <i>et al.</i> , 2006, (51) Eur J Cardiothorac Surg	Etude monocentrique, prospective observationnelle	230 lobectomies VATS réalisées par un chirurgien expérimenté divisées en 5 groupes de 46 patients consécutifs (groupe 1 à 5) 46 VATS lobectomies réalisées par des chirurgiens en formation	Moyenne de la durée opératoire	Chirurgien expérimenté : 137 min Groupe 1 : 158 min Groupe 2 : 139 min Groupe 3 : 130 min Groupe 4 : 136 min Groupe 5 : 121 min Chirurgiens en formation : 160 min p = 0,0005
			Moyenne des pertes sanguines	Chirurgien expérimenté : 98.5 mL Groupe 1 : 159 mL Groupe 2 : 87 mL Groupe 3 : 87 mL Groupe 4 : 86 mL Groupe 5 : 74 mL Chirurgiens en formation : 99,6 mL p = 0,95
			Conversion en thoracotomie	Chirurgien expérimenté : 12,1 % Groupe 1 : 30,4 % Groupe 2 : 8,6 % Groupe 3 : 8,6 % Groupe 4 : 8,6 % Groupe 5 : 4,3 % Chirurgiens en formation : 6,5 % p = 0,08
			Moyenne de la durée de séjour post-opératoire	Chirurgien expérimenté : 7,6 jours Groupe 1 : 8,7 jours Groupe 2 : 7,7 jours Groupe 3 : 5,8 jours Groupe 4 : 8,1 jours Groupe 5 : 7,7 jours Chirurgiens en formation : 6,5 jours p = 0,33

Wan <i>et al.</i> , 2008, (50) Ann Thorac Surg	Etude monocentrique rétrospective	111 résections pulmonaires majeures consécutives VATS entre janvier 2002 et octobre 2006 51 opérations VATS réalisées par des chirurgiens expérimentés en VATS 60 opérations réalisées par des chirurgiens en formation	Moyenne de la durée opératoire	Chirurgiens expérimentés : 136 mL Chirurgiens en formations : 162 mL p = 0,01
			Moyenne des pertes sanguines	Chirurgiens expérimentés : 302 mL Chirurgiens en formation : 236 mL p = 0,4
			Conversion	Chirurgiens expérimentés : 2,0 % Chirurgiens en formation : 5,0 % p = 0,4
			Durée de drainage	Chirurgiens expérimentés : 3,8 jours Chirurgiens en formation : 3,8 jours p = 0,9
			Durée de séjour	Chirurgiens expérimentés : 6,2 jours Chirurgiens en formation : 7,3 jours p = 0,4
			Complications	Chirurgiens expérimentés : 1,4 % Chirurgiens en formation : 1,3 % p = 1
			Mortalité à 30 jours	Chirurgiens expérimentés : 0 Chirurgiens en formation : 0
Zhao <i>et al.</i> , 2010, (54) World J Surg	Etude monocentrique rétrospective	1 chirurgien expérimenté en chirurgie thoroscopique et en lobectomie ouverte 90 lobectomies consécutives VATS divisées chronologiquement en 3 groupes de 30 : A, B et C	Durée opératoire	Groupe A : 214,2 ± 62,2 min Groupe B : 153,8 ± 30,1 min Groupe C : 148,3 ± 31,8 min p < 0,001
			Pertes sanguines	Groupe A : 285 ± 152,1 mL Groupe B : 150 ± 76,6 mL Groupe C : 138,3 ± 79,5 mL p < 0,001
			Conversion	Groupe A : 3,3 % Groupe B : 3,3 % Groupe C : 6,7 % p = 0,781
			Durée de drainage	Groupe A : 7,6 ± 2,6 jours Groupe B : 7,5 ± 2,4 jours Groupe C : 7,1 ± 2,5 jours p = 0,752
			Durée de séjour	Groupe A : 12,3 ± 5,5 jours Groupe B : 11,9 ± 5,6 jours Groupe C : 12,2 ± 5,5 jours p = 0,951
			Complications	Groupe A : 10 % Groupe B : 3,3 % Groupe C : 6,7 % p = 0,572
			Aires ganglionnaires médiastinales disséquées	Groupe A : 4,2 ± 0,7 Groupe B : 4,3 ± 0,5 Groupe C : 4,1 ± 0,6 p = 0,682

			Ganglions médiastinaux disséqués	Groupe A : 12,3 ± 5,5 Groupe B : 11,9 ± 5,6 Groupe C : 13,0 ± 5,8 p = 0,722
Gonzalez <i>et al</i> , 2011, (55) Eur J Cardiothorac Surg	Etude monocentrique, prospective et observationnelle	200 lobectomies VATS 3 périodes d'un an : P1 : n=32 P2 : n=65 P3 : n=103	Durée opératoire	P1 : 210,8 ± 52,4 min P2 : 207,9 ± 62,6 min P3 : 181,1 ± 56 min p = 0,011
			Taux de conversion	P1 : 8 (25 %) P2 : 13 (20 %) P3 : 8 (7,8 %) p = 0,017
			Nombre de ganglions disséqués	P1 : 9,3 ± 6,1 P2 : 10,1 ± 4,9 P3 : 13,94 ± 7,3 p = 0,003
			Nombre d'aires ganglionnaires explorées	P1 : 3,65 ± 1,2 P2 : 3,85 ± 1,2 P3 : 4,57 ± 1,22 p < 0,001
Cho <i>et al</i> , 2011, (59) Surg Endosc	Etude monocentrique rétrospective	86 lobectomies VATS réalisée par 1 chirurgien 2 groupes définis en fonction des coûts d'anesthésie : Période initiale (n=25) Période finale (n=26)	Durée de drainage	Période initiale : 4,7 jours Vs période finale : 5,1 jours p = 0,685
			Durée de séjour	Période initiale : 6,0 jours Vs période finale : 7,4 jours p = 0,320
			Complications	Période initiale : 8,0 % Vs période finale 19,2 % p = 0,419
			Coûts	Coûts hospitaliers totaux Période initiale : 5 204 \$ Vs période finale : 5 075 \$ p = 0,958
Ra <i>et al.</i> , 2012, (71) Kor J Cardiovasc Surg	Etude monocentrique rétrospective	38 lobectomies pulmonaires réalisées par 1 chirurgien en un an Les interventions ont été divisées chronologiquement en 4 groupes de 3 mois : Nbre lobectomies VATS : 1 cas (12,5 %), 0 cas (0 %), 5 cas (42 %), 8 cas (80 %)	Nombre de conversions de VATS en thoracotomie	1er groupe : 2 (25 %) 2e groupe : 5 (62,5 %) 3e groupe : 1 (8,3 %) 4e groupe : 2 (20 %) 2nd Vs 3e : p = 0,002

Konge <i>et al.</i> , 2012, (52) Interact Cardiovasc Thorac Surg	Etude monocentrique, prospective et observationnelle	29 lobectomies VATS réalisées par un chirurgien 185 lobectomies VATS réalisées par 2 chirurgiens expérimentés sur la même période	Durée opératoire	Chirurgien en formation : 120 min (76-160) Vs chirurgiens expérimentés: 100 min (42-255) p = 0,04 Développement non significatif pendant les 29 opérations réalisées par le chirurgien en formation (p = 0,64)
			Pertes sanguines péri- opératoires	Chirurgien en formation : 100 mL (10-500) Vs chirurgiens expérimentés : 50 mL (5 – 2500) p = 0,79 Développement non significatifs pendant les 29 opérations réalisées par le chirurgien en formation (p = 0,42)
			Durée de drainage	Chirurgien en formation : 1 jour (1-6) Vs chirurgiens expérimentés : 2 jours (1 – 32) p < 0,001
			Durée de séjour post- opératoire	Chirurgien en formation : 3 jours (1-10) Vs chirurgiens expérimentés : 4 jours (1 – 41) p < 0,001
Meyer <i>et al.</i> , 2012, (47) J Med Robotics Comput Assist Surg	Etude monocentrique retrospective	185 lobectomies RATS consécutives entre janvier 2004 à décembre 2011 réalisées par deux chirurgiens expérimentés en VATS	Durée opératoire	Le changement de la pente de la courbe correspond au début du plateau définissant la CA. La CA totale a été définie par la moyenne de la somme des CA individuelles. Temps opératoire : 15 cas Conversions en thoracotomie: NA Morbidité : NA Mortalité : 20 cas Durée de séjour : NA Confort du chirurgien : 19 cas Moyenne de la CA : 18± 3 cas
			Conversions en thoracotomie	
			Durée de séjour	
			Morbidité	
			Mortalité	

Hernandez <i>et al.</i> , 2012, (65) J Robotic Surg	Etude monocentrique, prospective et observationnelle	20 premières lobectomies RATS réalisées par un seul chirurgien expérimenté en VATS	Durée opératoire	203 ± 53 min
			Conversions en thoracotomie	2 patients
			Durée de séjour	3 jours [2 ; 22]
			Complications péri-opératoires	4 patients (20 %) Basée sur la durée opératoire, le plateau de la CA est atteint après 20 interventions
Billé <i>et al.</i> , 2013, (53) Gen Thorac Cardiovasc Surg	Etude monocentrique rétrospective	100 lobectomies VATS consécutives réalisées en 4 ans (mai 2008- mai 2012) par un chirurgien expérimenté (n=66, group A) et par des chirurgiens en formation assistés du chirurgien expérimenté (n=34, group B)	Durée opératoire	Groupe A : 125 ± 30 min Groupe B : 133 ± 26 min p = 0,18
			Pertes sanguines	Groupe A : 200 ± 50 mL Groupe B : 250 ± 60 mL p = 0,2
			Taux de conversion	Groupe A : 9,1 % Groupe B : 8,8 % p = 0,6
			Durée de drainage	Groupe A : 3 jours Groupe B : 3 jours p = 0,3
			Durée de séjour	Groupe A : 5,5 jours Groupe B : 5 jours p = 0,5
			Taux de complication per-opératoire	Groupe A : 36,3 % Groupe B : 32,3 % p = 0,4
			Taux de complications à 1 mois	Groupe A : 26,6 % Groupe B : 41,2 % p = 0,1
Augustin <i>et al.</i> , 2013, (72) Langenbecks Arch Surg	Etude monocentrique	26 premières lobectomies RATS réalisées entre 2001 et 2008 par un chirurgien expérimenté en chirurgie robotique	Durée opératoire	RATS Vs VATS : 215 Vs 183 min p = 0,0362
			Taux de conversion	RATS Vs VATS : 19,2 % Vs 8,4 % p = 0,42
			Durée de drainage	RATS Vs VATS : 7 Vs 6 jours p = 0,53
		26 premières lobectomies VATS consécutives réalisées après 2009	Durée de séjour	RATS Vs VATS : 11 Vs 9 jours p = 0,16
			Complications post-opératoires	RATS Vs VATS : 42,3 % Vs 38,4 % p = 1
			Coûts totaux	VATS : 1 736,07 \$ RATS : 2 506,62 \$ Δ = 771,55 \$

Li <i>et al.</i> , 2014, (10) J Thorac Cardiovasc Surg	Etude multicentrique rétrospective	200 lobectomies VATS pour des cancers et des lésions bénignes réalisées par 2 chirurgiens expérimentés en VATS Les interventions ont été divisées en groupe de 10	Durée opératoire	Le point d'inflexion de la durée opératoire a été observé à la 157e intervention pour le chirurgien A et à la 108e intervention pour le chirurgien B L'uniformité pour la durée opératoire a été atteinte au 18e groupe (n=180) pour les deux chirurgiens
			Estimation des pertes sanguines	Le point d'inflexion des pertes sanguines a été observé à la 126e intervention pour le chirurgien A et à la 139e intervention pour le chirurgien B L'uniformité pour les pertes sanguines a été atteinte au 18e groupe (n=180) pour le chirurgien B. Le chirurgien A ne l'a pas atteinte pendant la durée de l'étude
			Durée de séjour	Le point d'inflexion pour les chirurgiens A et B n'a pas été atteint L'uniformité pour la durée de séjour a été atteinte pour les deux chirurgiens pendant la période de l'étude
Huang <i>et al.</i> , 2014, (56) J Thorac Cardiovasc Surg	Etude monocentrique, prospective et observationnelle	87 lobectomies VATS consécutives réalisées par un chirurgien en formation 2 groupes ont été définis : Groupe 1 : 30 premiers cas Groupe 2 : 57 cas suivants	Durée opératoire	Groupe 1: 264,0 ± 45,9 min Vs groupe 2: 197,5 ± 57,7 min p < 0,001
			Pertes sanguines	Groupe 1: 174,0 ± 302,1 mL Vs groupe 2: 93,9 ± 93,3 mL p = 0,068
			Moyenne de la durée de drainage	Groupe 1: 5,5 ± 2,2 jours Vs groupe 2: 6,8 ± 3,8 jours p = 0,090
			Moyenne de la durée de séjour	Groupe 1: 7,2 ± 3,0 jours Vs groupe 2: 8,25 ± 3,9 jours p = 0,221

Toker <i>et al.</i> , 2016, (45) Surg Endosc	Etude monocentrique rétrospective	102 résections anatomiques pulmonaires robot assistées réalisées entre octobre 2011 et décembre 2014 par un chirurgien thoracique 54 lobectomies 46 segmentectomies	Temps de docking	Courbe représentant la durée opératoire (temps de docking, temps de console et durée opératoire) en fonction du nombre d'interventions consécutives Le changement de la pente de la régression définie la CA : Temps de docking : 14 cas Temps de console : 13 cas Durée opératoire totale : 14 cas La CA totale a été définie par la moyenne de la somme des courbes d'apprentissage individuelles : 14 cas
			Temps de console	
			Durée opératoire totale	
Gonfiotti <i>et al.</i> , 2016, (58) J Cardiothorac Surg	Etude monocentrique rétrospective	Une équipe dédiée (2 séniors et 2 internes) a réalisé 146 résections pulmonaires majeures VATS 2 groupes ont été définis chronologiquement : Groupe A (learning curve): n = 50 (1 segmentectomie) Groupe B: n = 96 (4 segmentectomies)	Durée opératoire	Groupe A: 190,9 ± 41,4 min Vs groupe B: 162 ± 47,4 min p < 0,01
			Estimation des pertes sanguines	Groupe A: 154 ± 152 mL Vs groupe B: 122 ± 168 mL p = 0,08
			Taux de conversion	Groupe A: 4 (8,0 %) Vs groupe B: 1 (1,1 %) p = 0,04
			Nombre de ganglions disséqués	Groupe A: 5,78 ± 0,9 Vs groupe B: 6,55 ± 1,1 p < 0,01
Cheng <i>et al.</i> , 2016, (49) J Thorac Dis	Etude monocentrique rétrospective	40 segmentectomies uniportales VATS ont été réalisées par 1 chirurgien Les patients ont été divisés chronologiquement en 4 groupes (n=10)	Durée opératoire	Groupe 1: 194,5 ± 51,5 min Groupe 4: 134,3 ± 22,8 min p = 0,012 L'analyse CUSUM a démontré qu'après 33 patients, la durée opératoire était plus courte qu'en chirurgie thoracoscopique conventionnelle

Igai <i>et al.</i> , 2017, (57) Japon, Asian Cardiovasc Thorac Ann	Etude monocentrique, prospective et observationnelle	240 résections pulmonaires VATS réalisées par 2 chirurgiens (segmentectomie et lobectomie) Comparaison entre la période initiale (2 ans, n=93) et la période finale (2 ans, n=147)	Durée opératoire	234 ± 60 min Vs 213 ± 60 min p = 0,01
			Pertes sanguines	100 ± 174 mL Vs 64 ± 161 mL p = 0,13
			Saignements abondants	14 (15,1 %) Vs 12 (8,2 %) p = 0,13
			Durée de séjour post- opératoire	11,2 ± 19,2 jours Vs 7,7 ± 7 jours p = 0,048

Annexe 2 : Communication orale au 71^e congrès de la Société Française de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire (Lille, 13-15 juin 2018)

CONGRÈS SFCTCV DU 13 AU 15 JUIN 2018 LILLE
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIO-VASCULAIRE

Courbe d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires robot-assistées


 Constance LE GAC
Interne en pharmacie
CHU de Rouen

C. Le Gac, H. Gondé, O.-M. Sarsam, B. Bottet, P. Rinieri, M. Laurent, C. Peillon, R. Varin, J.-M. Baste

Déclaration de Lien(s) d'Intérêt(s)

- Aucun conflit d'intérêt

71^e Congrès de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire - Lille - 13/15 Juin 2018 2

Introduction

- Courbe d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires robot-assistées peu analysée dans la littérature

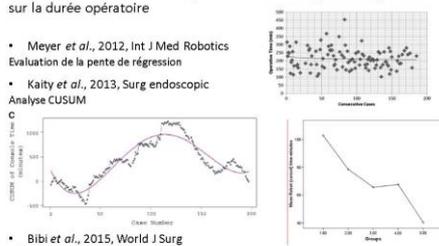
Etudes	Résections	VATS / RATS	Résultats
Cheng <i>et al.</i> , 2016, China J Thorac Dis	Segmentectomies	VATS	33 interventions
Gonfiotti <i>et al.</i> , 2016, Italy J Cardiothorac Surg	Segmentectomies et Lobectomies	VATS	50 interventions
Toker <i>et al.</i> , 2015, Surg endosc.	Segmentectomies et Lobectomies	RATS	14 interventions

71^e Congrès de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire - Lille - 13/15 Juin 2018 3

Introduction

3 principales méthodes d'analyse des courbes d'apprentissage basée sur la durée opératoire

- Meyer *et al.*, 2012, Int J Med Robotics Evaluation de la pente de régression
- Kaity *et al.*, 2013, Surg endoscopic Analyse CUSUM
- Bibi *et al.*, 2015, World J Surg Découpage arbitraire en plusieurs groupes - Comparaison des groupes



71^e Congrès de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire - Lille - 13/15 Juin 2018 4

Objectifs

- Evaluer la courbe d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires robot-assistées
 - Confronter plusieurs méthodes d'analyse
- Valider l'impact de cette courbe d'apprentissage sur les données médico-économiques

71^e Congrès de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire - Lille - 13/15 Juin 2018 5

Matériel et méthodes

- Etude monocentrique, mono-opérateur et rétrospective au CHU de Rouen entre 2012 et 2017
- Segmentectomies pulmonaires robot-assistées
- Recueil des données péri-opératoires et des dispositifs médicaux utilisés :
 - Base de données Epithor® (95% des données)
 - Fiches de traçabilité du bloc opératoire
 - Dossier patient
- Estimation du coût de prise en charge
 - A partir des coûts nationaux réajustés (Etude Nationale de Coûts ENC) Comme dans l'étude de Gondé *et al.*
 - Durée de séjour
 - Coûts des dispositifs médicaux
 - Frais d'amortissement du robot Da Vinci® Si (technique 3 bras)

71^e Congrès de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire - Lille - 13/15 Juin 2018 6

Parcours du patient

Admission du patient à J-1 de l'intervention
Intervention à JO
Ablation du drain à J_n
Sortie du patient à J_{n+1}

Evolution de la prise en charge

A U J O U R D H U I

Admission du patient à J-1 de l'intervention
Intervention à JO
Ablation du drain à J_n
Sortie du patient à J_n

71^e Congrès de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire - Lille - 13/15 Juin 2018 7

Matériel et méthodes

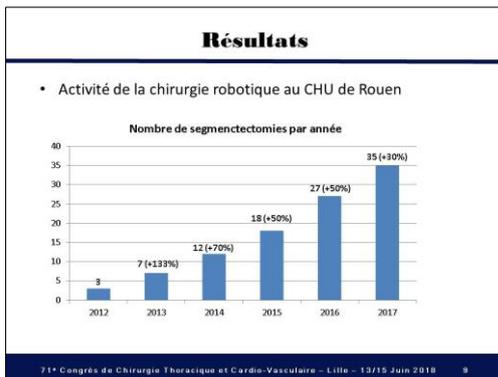
Courbe d'apprentissage (durée opératoire)

- Analyse Cusum
- Exponentielle décroissante simple
 - Division des interventions en 2 groupes : avant et après la courbe d'apprentissage

Etude médico-économique

- Comparaison des 2 groupes préalablement définis (avant et après la courbe d'apprentissage)

71^e Congrès de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire - Lille - 13/15 Juin 2018 8

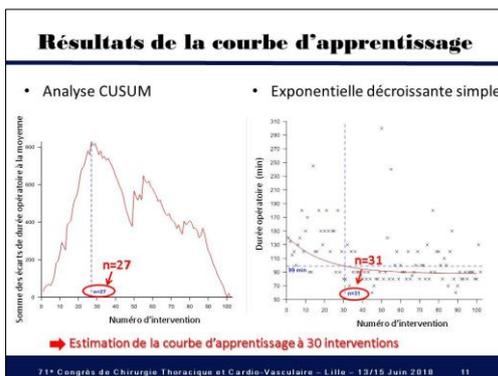


Résultats

- Données démographiques

Effectif	102
Age (année)	61,9 ± 11
Score IPAL (%)	5,77 ± 3,07
Indications	
Cancers bronchopulmonaires primitifs	n=58 (57%)
Classification cTNM	
cT1N0	n=54 (93%)
cT2N0	n=3 (5%)
cT3N0	n=1 (2%)
Classification pTNM	
pT1N0	n=33 (73%)
pT1N2	n=2 (4%)
pT2N0	n=7 (16%)
pT2N1	n=3 (7%)
Métastases pulmonaires	n=19 (19%)
Non carcinologiques	n=25 (24%)

71^e Congrès de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire – Lille – 13/15 Juin 2018 10



Résultats de l'étude médico-économique

- Comparaison entre les 2 groupes : avant et après la courbe d'apprentissage

	Avant (n=30)	Après (n=72)	P
Durée opératoire	132,5 min [120 ; 150]	90 min [80 ; 100]	< 0,001
Durée de séjour	5 jours [5 ; 7,75]	5 jours [4 ; 6]	0,009
Durée de drainage	3 jours [2,25 ; 4]	3 jours [2 ; 4]	0,515
Complications tous stades confondus	10 (33%)	12 (16%)	0,05
Complications (Clavien-Dindo)	I : 1 (3%) II : 9 (30%) IIIb : 0 (0%)	I : 3 (4%) II : 6 (8%) IIIb : 3 (4%)	0,19
Coûts	12 885 € [12 058 ; 16 831]	11 206 € [10 406 ; 13 158]	0,002
Nbre d'instruments Endowrist [®]	3	2	

71^e Congrès de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire – Lille – 13/15 Juin 2018 12

Discussion

- La durée de drainage non différente significativement
 - Durée de drainage inchangée mais durée de séjour raccourcie
 - Confiance du chirurgien avec l'expérience
 - Prise en charge globale évolutive
 - Patient opéré avant le week-end sort à J+3
 - Organisation et logistique du service
- L'imagerie 3D des structures bronchiques et vasculaires utilisée en routine
 - Diminution de la durée opératoire
- Evolution des pratiques
 - Protocoler le parcours des patients

LeMoul, J Thorac Dis 2018

71^e Congrès de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire – Lille – 13/15 Juin 2018 13

Conclusion

- Avec l'intégration des données médico-économiques, estimation de la courbe d'apprentissage à 30 interventions
 - Pour un chirurgien expérimenté en chirurgie mini-invasive
- L'étude des données péri-opératoires ne permet pas d'évaluer la qualité de la segmentectomie
 - Comparer le taux de survie et de récidence à 5 ans entre les deux groupes

71^e Congrès de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire – Lille – 13/15 Juin 2018 14

SERMENT DE GALIEN

Je jure d'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.

D'exercer dans l'intérêt de la Santé publique ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur mais aussi les règles de l'Honneur, de la Probité et du Désintéressement.

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.

De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma Profession.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois méprisé de mes Confrères si je manque à mes engagements.



LE GAC Constance

Impact médico-économique de la courbe d'apprentissage des segmentectomies pulmonaires robot-assistées

Th. D. Pharm., Rouen, 2018, 80 p.

RÉSUMÉ

La segmentectomie pulmonaire robot-assistée est une technique innovante peu développée en raison de sa complexité et de son coût.

L'objectif de ce travail est de définir la courbe d'apprentissage (CA) des segmentectomies robot-assistées par des méthodes classiques puis de la valider par une étude comparative médico-économique plus robuste.

Le recueil des données péri-opératoires et des dispositifs médicaux a été réalisé en partie rétrospectivement. La CA a été évaluée sur la durée opératoire par l'analyse CUSUM et l'exponentielle décroissante simple. Les coûts de prise en charge ont été estimés par la méthode de l'Etude Nationale de Coûts réajustée.

102 segmentectomies robot-assistées ont été incluses dans l'étude. La CA a été évaluée à 30 interventions. La cohorte a été divisée en deux groupes : avant et après la CA. Aucune différence n'a été mise en évidence entre les caractéristiques des patients des deux groupes. Les durées opératoires de drainage ont diminué significativement après la CA ($p < 0,001$ et $p = 0,009$ respectivement). Les coûts de prise en charge ont également significativement diminué de 1 679 € ($p = 0,002$) après 30 interventions.

La prise en compte de la CA d'une technique chirurgicale innovante est nécessaire pour un établissement de santé lors de son implémentation. Il faudrait pour évaluer la rentabilité d'une technique chirurgicale pour l'établissement avoir connaissance de la CA.

MOTS CLÉS : Chirurgie thoracique – Segmentectomie – Robot – Courbe d'apprentissage – Coûts

JURY

Président : Professeur Rémi Varin
Membres : Professeur Jean-Marc Baste
Professeur Gaël Grimandi
Docteur Marc Laurent
Docteur Henri Gondé

DATE DE SOUTENANCE : 11 Septembre 2018